



LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK – RC18-4802

## **PERENCANAAN PERKERASAN KAKU PADA JALAN TOL PANDAAN - MALANG**

AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN

NRP. 031 1 17 4000 0 030

RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS

NRP. 031 1 17 4000 0 034

Dosen Pembimbing

Cahya Buana, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
PERENCANAAN PERKERASAN KAKU PADA JALAN TOL  
PANDAAN - MALANG**

AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN

NRP. 03111740000030

RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS

NRP. 03111740000034

Surabaya, Januari 2021

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



**Cahya Buana, ST., MT.**

NIP. 19720927 200604 1 001

Mengetahui,  
Sekretaris Departemen I  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan  
Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



**Data Iranata, ST. MT. Ph.D**

NIP. 19800430 200501 1 002

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan tugas pengganti kerja praktek yang berjudul Perencanaan Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Malang – Pandaan dengan baik.

Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Cahya Buana ST., MT., sebagai dosen pembimbing dalam tugas pengganti kerja praktek bidang transportasi. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah memberi kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan laporan ini.

Kami sebagai penulis mengakui bahwa ada banyak kekurangan pada laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari seluruh pihak senantiasa kami harapkan demi kesempurnaan karya kami. Semoga dengan laporan ini dapat membawa pemahaman dan pengetahuan bagi kita semua tentang perencanaan perkerasan kaku pada Jalan Tol Pandaan – Malang.

Surabaya, Desember 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Studi.....	2
1.4. Lingkup Perencanaan.....	2
1.5. Lokasi Studi .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1. Pengertian Jalan .....	4
2.2. Klasifikasi Jalan .....	4
2.2.1. Pembagian Jalan Berdasarkan Sistem .....	4
2.2.2. Pembagian Jalan Berdasarkan Fungsi .....	4
2.2.3. Pembagian Jalan Berdasarkan Status .....	5
2.2.4. Pembagian Jalan Berdasarkan Kelas.....	5
2.3. Jenis Struktur Perkerasan Jalan.....	6
2.4. Perkerasan Kaku .....	7
2.4.1. Lapisan Perkerasan Kaku .....	8
2.4.2. Jenis-jenis Sambungan Perkerasan Kaku .....	9
2.4.3. Perencanaan Tulangan.....	14
2.5. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku .....	16
BAB III PERHITUNGAN KARAKTERISTIK LALU LINTAS.....	18
3.1. Perhitungan Umur Rencana .....	18
3.2. Perhitungan Data Laju Pertumbuhan Tahunan .....	19
3.3. Data Sekunder Lalu Lintas .....	20
3.4. Analisis Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata.....	22
3.5. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas .....	27
BAB IV PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN KAKU.....	30
4.1. Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) .....	31
4.2. Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku pada Badan Jalan .....	35
4.3. Pemilihan Jenis Perkerasan pada Bahu Jalan .....	36
4.4. Metode Perbaikan Tanah .....	37
4.5. Perhitungan Kestabilan Tanah Timbunan.....	38
BAB V METODE PELAKSANAAN PERKERASAN KAKU .....	39
5.1. Alat dan Bahan.....	39
5.2. Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Kaku .....	43

5.3. Video Animasi .....	56
PENUTUP .....	57
6.1 Kesimpulan .....	57
6.2 Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Studi Jalan.....	3
Gambar 2. 1 Tipikal struktur perkerasan kaku pada permukaan tanah asli.....	6
Gambar 2. 2 Tipikal struktur perkerasan kaku pada timbunan.....	6
Gambar 2. 3 Tipikal struktur perkerasan kaku pada galian .....	7
Gambar 2. 4 Tipikal struktur perkerasan beton semen.....	7
Gambar 2. 5 Tipikal sambungan memanjang.....	9
Gambar 2. 6 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang .....	10
Gambar 2. 7 Sambungan susut melintang tanpa ruji .....	11
Gambar 2. 8 Sambungan susut melintang dengan ruji .....	11
Gambar 2. 9 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur .....	12
Gambar 2. 10 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan.....	12
Gambar 2. 11 Sambungan isolasi dengan ruji .....	13
Gambar 2. 12 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi. ....	13
Gambar 2. 13 Sambungan isolasi tanpa ruji .....	13
Gambar 4. 1 Potongan Melintang Perkerasan Kaku.....	36
Gambar 4. 2 Detail Penulangan Perkerasan Kaku.....	37
Gambar 5. 1 Paver .....	39
Gambar 5. 2 Spreader .....	40
Gambar 5. 3 Concrete Vibrator .....	40
Gambar 5. 4 Jidar Aluminium .....	40
Gambar 5. 5 Trowel.....	41
Gambar 5. 6 Theodolite .....	41
Gambar 5. 7 Water Pass .....	41
Gambar 5. 8 Grover .....	42
Gambar 5. 9 Cutter Beton.....	42
Gambar 5. 10 Sprayer.....	42
Gambar 5. 11 Genset .....	43
Gambar 5. 12 Lampu Penerangan .....	43
Gambar 5. 13 Tahapan pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku .....	44
Gambar 5. 14 Pekerjaan install bekisting .....	45
Gambar 5. 15 Pekerjaan install reludukan alat .....	45
Gambar 5. 16 Pekerjaan install pemasangan alat .....	46
Gambar 5. 17 Pekerjaan install plastik, profil kayu siku, dowel .....	47
Gambar 5. 18 Pekerjaan hauling dan pouring beton .....	47
Gambar 5. 19 Pekerjaan spreading-1 .....	48
Gambar 5. 20 Pekerjaan vibrating .....	48
Gambar 5. 21 Pekerjaan spreading-2.....	49
Gambar 5. 22 Pekerjaan troweling-1 .....	50

Gambar 5. 23 Pekerjaan jidar .....	50
Gambar 5. 24 Pekerjaan jidar 40 cm .....	51
Gambar 5. 25 Pekerjaan penyempurnaan kerataan permukaan.....	51
Gambar 5. 26 Pekerjaan trowel-2 .....	52
Gambar 5. 27 Pekerjaan trowel halus .....	52
Gambar 5. 28 Pekerjaan grooving .....	53
Gambar 5. 29 Pekerjaan penyempurnaan grooving.....	53
Gambar 5. 30 Pekerjaan curing compound .....	54
Gambar 5. 31 Pekerjaan tenda pelindung .....	54
Gambar 5. 32 Pekerjaan curing dengan karung s/d 7 hari.....	55
Gambar 5. 33 Pekerjaan cutting (s/d 18 jam) .....	55
Gambar 5. 34 Pekerjaan joint sealant .....	56
Gambar 5. 35 Hasil Akhir.....	56
Gambar 5. 36 Cuplikan Video Animasi .....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Diameter Ruji .....	11
Tabel 2. 2 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekvivalen Baja dan Beton (n) .....	15
Tabel 2. 3 Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton .....	16
Tabel 3. 1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) .....	18
Tabel 3. 2 Pertumbuhan Penduduk Jawa Timur 2011-2015 .....	19
Tabel 3. 3 Pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur 2011-2015.....	19
Tabel 3. 4 Pertumbuhan PDRB per Kapita Jawa Timur 2011-2015 .....	20
Tabel 3. 5 Hasil Survey Lalu Lintas Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan .....	21
Tabel 3. 6 Hasil Survey Lalu Lintas Daerah Purwosari Arah Selatan-Utara .....	22
Tabel 3. 7 Hasil Survey LHR Tahun 2016 Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan .....	22
Tabel 3. 8 Hasil Survey LHR Tahun 2016 Daerah Purwosari Arah Selatan-Utara .....	23
Tabel 3. 9 Total Nilai LHR Tahun 2016 Pada Kedua Ruas .....	23
Tabel 3. 10 Hasil Forecasting Data LHR Tahun 2016 .....	24
Tabel 3. 11 Hasil LHR Tahun 2020 Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan.....	27
Tabel 4. 1 Bagan Desain Perkerasan kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat .....	30
Tabel 4. 2 Bagan Desain Perkerasan kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Rendah.....	30
Tabel 4. 3 Kelompok Sumbu .....	31
Tabel 4. 4 Faktor Distribusi Lajur (DL) .....	32
Tabel 4. 5 Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) .....	34
Tabel 4. 6 Nilai CBR Terurut .....	37
Tabel 4. 6 Persentase CBR per Titik .....	38



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan membayar dan memiliki peran yang sangat signifikan bagi perkembangan suatu daerah. (Undang –Undang Tentang Jalan Tol, UU No. 15 Tahun 2005).

Dalam pembangunan jalan secara umum digunakan beberapa macam perkerasan jalan. Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan, dimana fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar agar beban yang diterima tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah yang diijinkan (Sukirman, 1992).

Menurut Sukirman (1992) terdapat tiga macam konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya. Pertama, konstruksi perkerasan lentur (flexible pavements), yaitu perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Kedua, perkerasan kaku (rigid pavements), yaitu perkerasan dengan menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan pengikat pelat beton dengan atau tanpa tulangan, diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis fondasi bawah konstruksi. Ketiga, perkerasan komposit (composite pavements), yaitu pengombinasian antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang dapat berupa perkerasan kaku di atas perkerasan lentur ataupun sebaliknya

Proyek pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang merupakan program pemerintah dalam membangun infrastruktur pendukung dalam bidang transportasi guna meningkatkan perekonomian nasional. Persoalan lalu lintas saat ini terletak pada kemampuan jalan yang tidak mampu melayani volume lalu lintas yang ada dan banyaknya infrastruktur yang tidak layak dari segi kondisi konstruksi dan kemampuan layanan

Terdapat beberapa manfaat yang dihasilkan dari kehadiran jalan tol tersebut di antaranya memudahkan konektivitas bagi masyarakat sehari-hari, mobilitas logistik yang dapat meningkatkan perekonomian di wilayah Jawa Timur, serta potensi wisata menarik yang dituju lebih cepat. Jalan Tol Pandaan - Malang juga memberi dukungannya melalui peningkatan perekonomian Jawa Timur pada sektor pariwisata, yaitu kawasan wisata dan Taman Safari Prigen, kebun teh Wonosari, Candi Singosari, kawasan wisata Batu, dan masih banyak lagi potensi wisata yang diklaim dapat dijangkau lebih cepat. Selain itu, Jalan Tol ini juga mendukung peningkatan akses bagi Kawasan Ekonomi Khusus Singosari dan Bandara Abdul Rachman Saleh di Kota Malang.

Tol Pandaan – Malang direncanakan menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement). Perkerasan kaku ini dipilih dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar. Dimana pada jalan tol terdapat banyak truk - truk bermuatan besar dan angkutan umum seperti bis yang sering

sekali melintas dikarenakan adanya kawasa industri dan juga melayani para pekerja yang setiap harinya harus melakukan perjalanan keluar masuk Kota Malang. Perkerasan kaku mempunyai kekakuan (modulus elastisitas) yang jauh lebih tinggi dari perkerasan aspal (sekitar 10 kali nya). Setiap konstruksi yang menerima beban dari atas, akan menyalurkan atau menyebarkan beban tersebut ke bawah. Dalam hal konstruksi perkerasan jalan, salah satu fungsinya adalah untuk menyalurkan dan menyebarkan beban lalu-lintas yang diterima kelapisan di bawahnya sampai ke lapisan tanah dasar (subgrade). Beban yang disalurkan ke lapisan di bawahnya, menghasilkan tekanan yang lebih kecil, disebabkan makin luasnya area yang menampung beban tersebut, sehingga mampu dipikul oleh lapisan tanah dasar. Dengan kekakuan atau modulus elastisitas beton semen yang lebih besar, konstruksi perkerasan kaku mempunyai kemampuan penyebaran beban yang lebih tinggi dari perkerasan lentur. Sebagai akibatnya, lendutan menjadi lebih kecil serta tegangan yang bekerja pada tanah dasar juga rendah, karena itu perkerasan kaku tidak memerlukan daya dukung pondasi yang kuat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan tebal perkerasan kaku yang akan digunakan pada Jalan Tol Pandaan-Malang?
2. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku pada Jalan Tol Pandaan-Malang?

## **1.3. Tujuan Studi**

Berdasarkan permasalahan diatas, maka tujuan studi adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan tebal perkerasan kaku yang akan digunakan pada Jalan Tol Pandaan-Malang.
2. Mengetahui bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku pada Jalan Tol Pandaan-Malang.

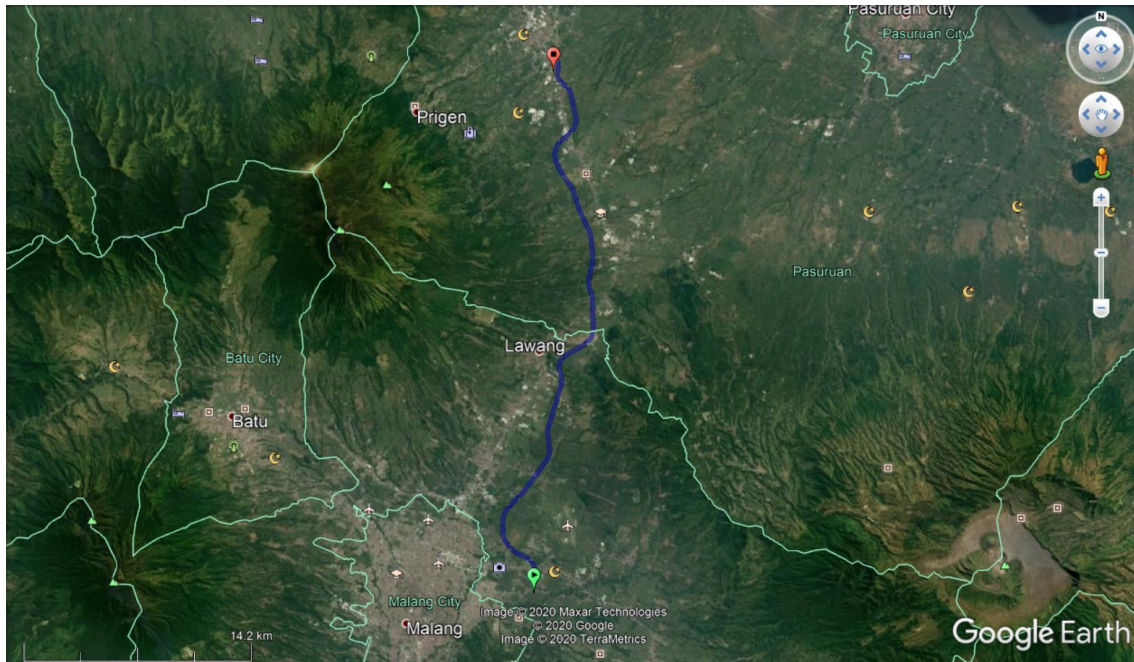
## **1.4. Lingkup Perencanaan**

Adapun lingkup perencanaan yang digunakan kali ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak merencanakan geometrik Jalan Tol Pandaan-Malang.
2. Tidak merencanakan jenis perkerasan selain perkerasan kaku.
3. Tidak melakukan survei kendaraan di Jalan Tol Pandaan-Malang.
4. Tidak melakukan pengukutan data California Bearting Ratio di lapangan.
5. Tidak merencanakan drainase perkerasan jalan.
6. Tidak melakukan perhitungan biaya pekerjaan.

### 1.5. Lokasi Studi

Lokasi studi jalan yang akan dilakukan perencanaan ialah di sepanjang ruas Jalan Tol Pandaan-Malang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Untuk ruas jalan Tol Pandaan-Malang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Lokasi Studi Jalan  
Sumber : Google Earth

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Pengertian Jalan**

Menurut UU Nomor 22 Tahun 2009 menjelaskan bahwa jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

#### **2.2. Klasifikasi Jalan**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan menyatakan jalan umum di Indonesia dibagi berdasarkan sistem jaringan jalan, fungsi jalan, status jalan, dan kelas jalan.

##### **2.2.1. Pembagian Jalan Berdasarkan Sistem**

Berdasarkan sistem, jalan dibedakan atas :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer  
Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat kegiatan
2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder  
Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan peranan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

##### **2.2.2. Pembagian Jalan Berdasarkan Fungsi**

Berdasarkan fungsi, jalan dibedakan atas :

1. Jalan Arteri  
Jalan arteri adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan Kolektor  
Jalan kolektor adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

### **2.2.3. Pembagian Jalan Berdasarkan Status**

Berdasarkan status, jalan dibedakan atas :

1. Jalan Nasional

Jalan nasional adalah jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

3. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk jalan nasional maupun jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

### **2.2.4. Pembagian Jalan Berdasarkan Kelas**

Menurut kelas (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan), jalan dibedakan atas :

1. Jalan Bebas Hambatan

Jalan bebas hambatan adalah jalan dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi median, paling sedikit mempunyai dua lajur tiap arah, lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.

## 2. Jalan Raya

Jalan raya adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas, dilengkapi dengan median, paling sedikit dua lajur setiap arah, lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.

## 3. Jalan Sedang

Jalan sedang adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit dua lajur untuk dua arah, lebar jalan paling sedikit 7 meter.

## 4. Jalan Kecil

Jalan kecil adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit dua lajur untuk dua arah, dengan lebar lajur paling sedikit 5,5 meter.

### 2.3. Jenis Struktur Perkerasan Jalan

Menurut Manual Desain Perkerasan 2017, struktur perkerasan baru terbagi menjadi 3 jenis antara lain :

1. Perkerasan pada permukaan tanah asli
2. Perkerasan pada timbunan
3. Perkerasan pada galian

Untuk tipikal struktur perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar berikut :

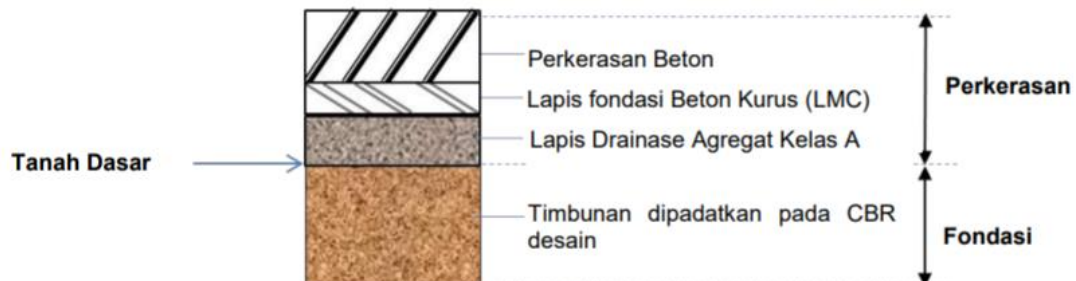
#### 1. Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



Gambar 2. 1 Tipikal struktur perkerasan kaku pada permukaan tanah asli

Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017

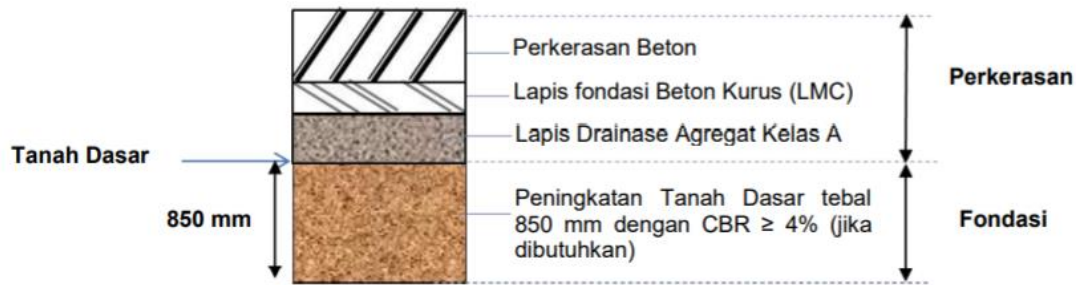
#### 2. Perkerasan Kaku pada Timbunan



Gambar 2. 2 Tipikal struktur perkerasan kaku pada timbunan

Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017

### 3. Perkerasan Kaku pada Galian



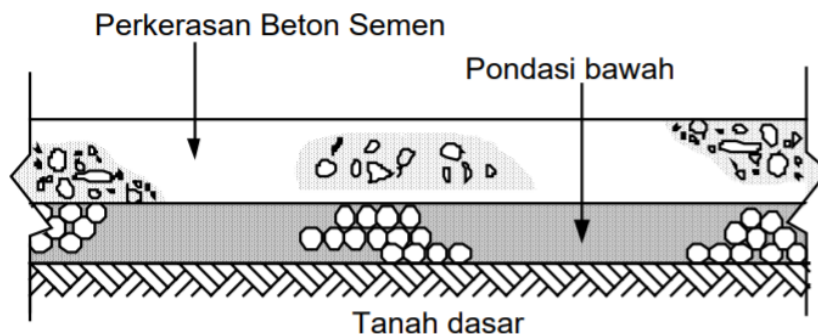
Gambar 2. 3 Tipikal struktur perkerasan kaku pada galian

Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017

Untuk perencanaan perkerasan kaku pada Jalan Tol Pandaan-Malang, direncanakan perkerasan kaku dengan tipikal struktur perkerasan pada timbunan.

### 2.4. Perkerasan Kaku

Menurut Pd T-14-2003, perkerasan kaku atau beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 4 Tipikal struktur perkerasan beton semen

Sumber : Pd T-14-2003

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

- Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.

- Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

Perkerasan kaku memiliki beberapa keuntungan dan juga kerugian. Adapun keuntungan perkerasan kaku antara lain adalah :

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak.
- Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik.
- Pembuatan campuran lebih mudah.

Sedangkan kerugiannya antara lain :

- Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak, atau tanpa daya dukung yang memadai, atau tidak dilaksanakan dengan baik (mutu pelaksanaan rendah).
- Umumnya kurang nyaman berkendara

#### **2.4.1. Lapisan Perkerasan Kaku**

Lapisan perkerasan kaku terdiri atas 3 bagian, antara lain :

##### **1. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Subgrade ialah lapisan tanah dasar dibawah perkerasan. Fungsi dari lapisan subgrade ialah untuk mendukung perkerasan pada lapisan diatasnya. Pada jalan raya, subgrade dapat berupa tanah asli setempat yang dipadatkan, atau dapat berupa tanah urugan badan jalan yang dipadatkan (bila jalan terletak pada peninggian). Lapisan ini jarang berseragam karena berasal dari alam. Untuk itu, diperlukan evaluasi yang detail pada banyak titik untuk mengetahui kekuatan tanah dasar tersebut.

##### **2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

Lapisan pondasi bawah dapat berupa lean-mix concrete (campuran beton kurus), bahan berbutir yang bisa berupa agregat atau lapisan pasir (sand bedding), atau bahan pengikat seperti semen, kapur, abu terbang yang dihaluskan. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah untuk menyediakan lapisan yang seragam dan stabil, mengurangi kemungkinan terjadinya retakan pada pelat beton, serta menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butiran-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan, atau pada bagian pinggir perkerasan.

##### **3. Lapisan Pelat Beton (*Concrete Slab*)**

Lapisan pelat beton terbentuk dari campuran semen, air, agregat, dan bahan tambahan. Bahan-bahan yang digunakan untuk pekerjaan beton harus diuji terlebih dahulu dan harus bersih/bebas dari bahan-bahan yang merugikan (lumpur, minyak, bahan organik, dll.).



## 2.4.2. Jenis-jenis Sambungan Perkerasan Kaku

Menurut Pd T-14-2003, terdapat beberapa jenis sambungan pada perkerasan beton semen, antara lain sebagai berikut :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutupi dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*)

### 2.4.2.1. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJT-U24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan}$$

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75$$

Dimana :

$A_t$  : Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ )

$B$  : Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

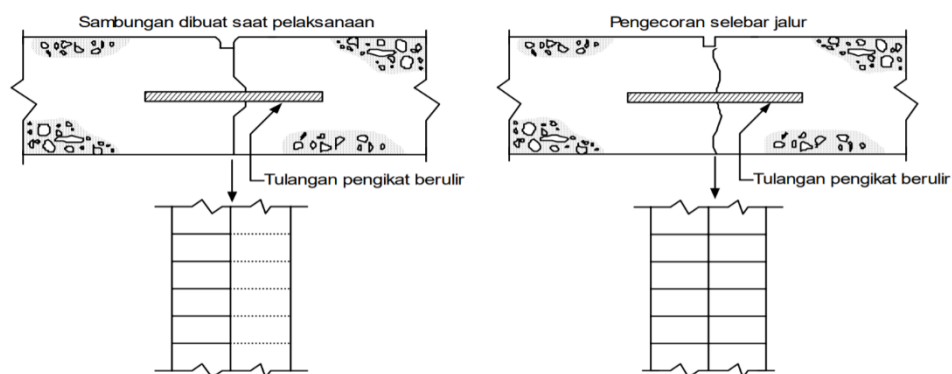
$h$  : Tebal pelat (m).

$I$  : Panjang batang pengikat (mm).

$\Phi$  : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.5.

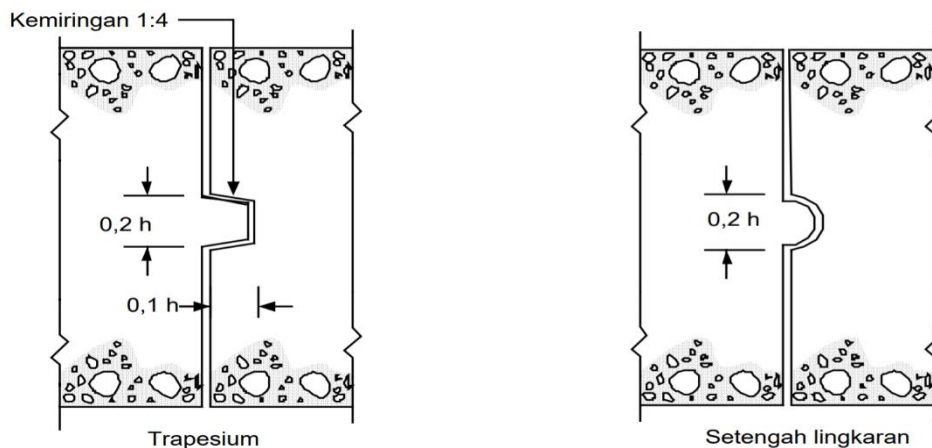


Gambar 2. 5 Tipikal sambungan memanjang

Sumber : Pd T-14-2003

#### 2.4.2.2. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

Sumber : Pd T-14-2003

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

#### 2.4.2.3. Sambungan Susut Memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

#### 2.4.2.4. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

#### 2.4.2.5. Sambungan Susut Melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar dibawah ini.

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan

8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

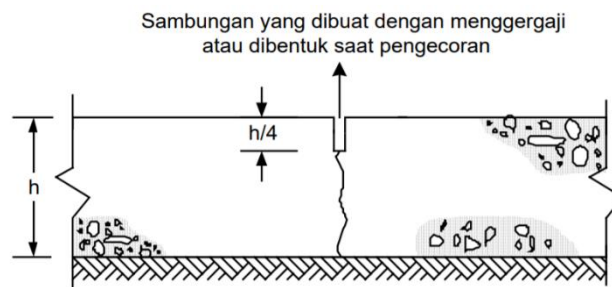
Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Diameter Ruji

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

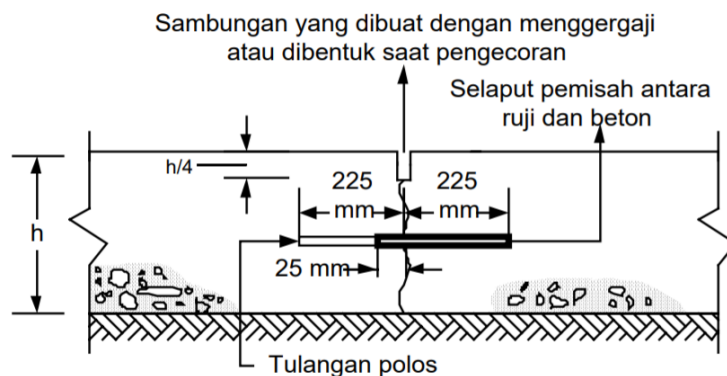
Sumber : Pd T-14-2003

Untuk gambar sambungan susut melintang tanpa ruji dan sambungan susut melintang dengan ruji dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2. 7 Sambungan susut melintang tanpa ruji

Sumber : Pd T-14-2003



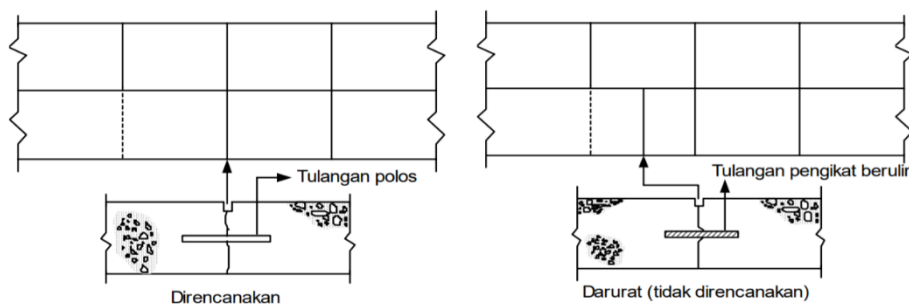
Gambar 2. 8 Sambungan susut melintang dengan ruji

Sumber : Pd T-14-2003

#### 2.4.2.6. Sambungan Pelaksanaan Melintang

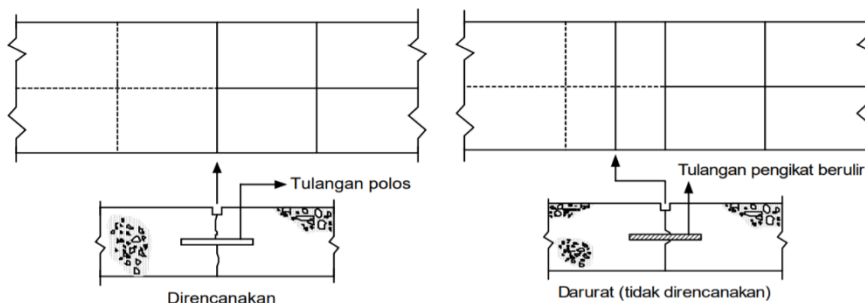
Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada gambar dibawah ini.

Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm. Untuk gambar sambungan pelaksanaan dapat dilihat pada gambar 2.9 dan 2.10.



Gambar 2. 9 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

Sumber : Pd T-14-2003

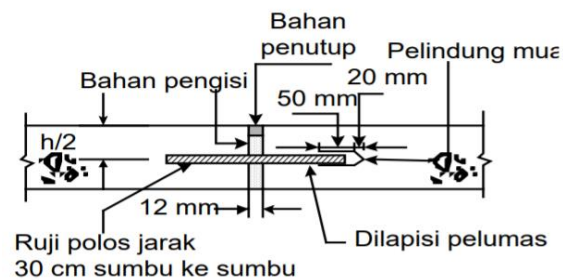


Gambar 2. 10 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

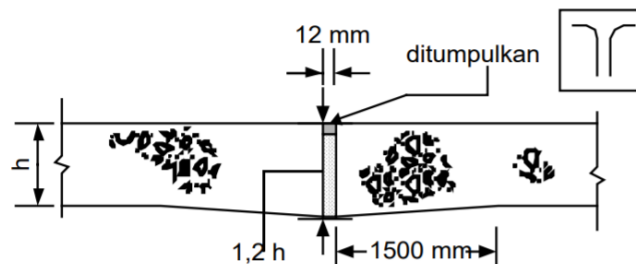
Sumber : Pd T-14-2003

#### 2.4.2.7. Sambungan Isolasi

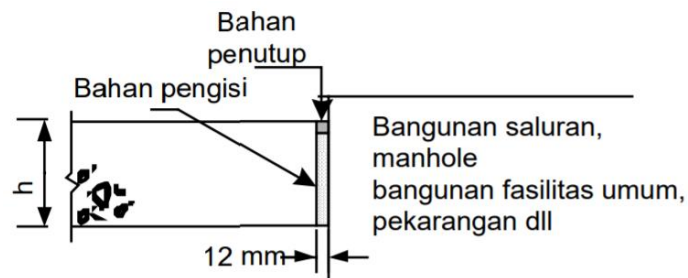
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (joint sealer) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (joint filler) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.11, 2.12 dan 2.13.



Gambar 2. 11 Sambungan isolasi dengan ruji  
Sumber : Pd T-14-2003



Gambar 2. 12 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi.  
Sumber : Pd T-14-2003



Gambar 2. 13 Sambungan isolasi tanpa ruji  
Sumber : Pd T-14-2003

#### 2.4.2.8. Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (blow up).

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan, yaitu :

- 1) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat
- 2) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji.

### 2.4.3. Perencanaan Tulangan

Dalam perencanaan perkerasan kaku, selain membutuhkan beton, juga diperlukan tulangan didalamnya. Tujuan utama penulangan adalah :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
- Mengurangi biaya pemeliharaan.

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut. Sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

#### 2.4.3.1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

- a) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*),  
Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25, atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
- b) Pelat dengan sambungan tidak sejajar (*mismatched joints*).
- c) Pelat berlubang (*pits or structures*).

#### 2.4.3.2. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan 2.1. :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \quad (2.1.)$$

Dimana :

- $A_s$  : luas penampang tulangan baja ( $\text{mm}^2/\text{m}$  lebar pelat)  
 $F_s$  : kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.  
 $g$  : gravitasi ( $\text{m/detik}^2$ ).  
 $h$  : tebal pelat beton (m)  
 $L$  : jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)  
 $M$  : berat per satuan volume pelat ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $\mu$  : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

#### 2.4.3.3. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan Memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan 2.2. :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2 \mu)}{f_y - n f_{ct}} \quad (2.2.)$$

Dimana :

$P_s$  : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

$f_{ct}$  : kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_y$  : tegangan leleh rencana baja (kg/cm<sup>2</sup>)

$n$  : angka ekivalensi antara baja dan beton ( $E_s/E_c$ )

$\mu$  : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

$E_s$  : modulus elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  : modulus elastisitas beton =  $1485\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 2. 2 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja dan Beton (n)

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	n
175 - 225	10
235 - 285	8
290 – ke atas	6

Sumber : Pd T-14-2003

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan 2.3.

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2 \mu)}{f_y - n f_{ct}} \quad (2.3.)$$

Dimana :

$L_{cr}$  : jarak teoritis antara retakan (cm).

$p$  : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

$u$  : perbandingan keliling terhadap luas tulangan =  $4/d$ .

$f_b$  : tegangan lekat antara tulangan dengan beton =  $(1,97\sqrt{f'_c})/d$ . (kg/cm<sup>2</sup>)

$\epsilon_s$  : koefisien susut beton =  $(400 \cdot 10^{-6})$ .

$f_{ct}$  : kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$n$  : angka ekivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$ .

$E_c$  : modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_s$  : modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar

- Perlu menggunakan tulangan ulir (deformed bars) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.

#### 2.4.3.4. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan Melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan luas penampang tulangan. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat  $\leq 20$  cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat  $> 20$  cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

#### 2.5. Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Menurut Pd T-14-2003, langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih.
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (fcf).
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB).
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia)
8	Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT.



9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (fcf)
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (FKB) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda $\geq 65$ kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi.
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari suatu jenis sumbu STRT tersebut.
12	Hitung persentase dan repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi lain
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jenis jumlah repetisi ijin untuk erosi.
14	Hitung persentase dan repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi lain.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 24 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca masing-masing mencapai 20 juta dan 200 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik atau erosi $\leq 100\%$ . Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

## BAB III

### PERHITUNGAN KARAKTERISTIK LALU LINTAS

#### 3.1. Perhitungan Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu yang ditentukan dari mulai jalan diresmikan (jalan mulai digunakan) sampai dengan jalan tersebut memerlukan perbaikan. Menurut Manual Desain Perkerasan 2017 tabel 2.1 pada halaman 2-1, umur rencana perkerasan jalan baru (UR) sesuai dengan jenis perkerasannya, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup>	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ) seperti : jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Base</i> (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10
Catatan :		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana di atas, dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan discounted lifecycle cost yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan discounted lifecycle cost terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari <a href="http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/">http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/</a>.</li> <li>2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.</li> </ol>		

Sumber: Manual Desain Perkerasan 2017

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2017, umur rencana perkerasan jalan baru (UR) untuk perkerasan kaku yang digunakan pada ruas Jalan Tol Pandaan-Malang adalah 40 tahun.

### 3.2. Perhitungan Data Laju Pertumbuhan Tahunan

Pada perencanaan kali ini, digunakan data laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk, data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), dan Produk Domestik Regional Bruto per Kapita (PDRB per Kapita).

Tingkat pertumbuhan lalu lintas diasumsikan sama dengan tingkat pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi di wilayah Jawa Timur. Untuk pertumbuhan jumlah penduduk, menggambarkan pertumbuhan lalu lintas angkutan umum. Untuk pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto Daerah (PDRB Daerah) menggambarkan laju pertumbuhan kendaraan niaga. Sedangkan untuk pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto per Kapita (PDRB per Kapita) menunjukkan laju pertumbuhan kendaraan pribadi.

Laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk dan PDRB Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 3.2. Laju pertumbuhan tahunan PDRB Regional Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 3.3. Laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3. 2 Pertumbuhan Penduduk Jawa Timur 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	(%)
2011	37.840.706	
2012	38.106.590	0,70
2013	38.363.195	0,67
2014	38.610.202	0,64
2015	38.847.561	0,61

Sumber : BPS Jawa Timur

Laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk diambil berdasarkan 5 tahun terakhir sebelum didapatkan data lalu lintas harian Jalan Tol Pandaan-Malang, yaitu pada tahun 2011 sampai 2015, kemudian dirata-rata sehingga diperoleh laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk rata-rata sebesar 0,66 %

Tabel 3. 3 Pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur 2011-2015

Tahun	PDRB (dalam Miliar Rupiah)	(%)
2011	1.054.401,8	
2012	1.124.464,6	6,64
2013	1.192.789,8	6,08
2014	1.262.697,1	5,86
2015	1.331.418,2	5,44

Sumber : BPS Jawa Timur

Laju pertumbuhan tahunan PDRB Regional Jawa Timur diambil berdasarkan 5 tahun terakhir sebelum didapatkan data lalu lintas harian Jalan Tol Pandaan-Malang, yaitu pada tahun 2011 sampai 2015, kemudian dirata-rata sehingga diperoleh laju pertumbuhan tahunan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01 %

Tabel 3. 4 Pertumbuhan PDRB per Kapita Jawa Timur 2011-2015

Tahun	PDRB (dalam Ribu Rupiah)	(%)
2011	29.613,0	
2012	32.770,4	10,66
2013	36.037,2	9,97
2014	39.832,7	10,53
2015	43.578,1	9,40

Sumber : BPS Jawa Timur

Laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita Jawa Timur diambil berdasarkan 5 tahun terakhir sebelum didapatkan data lalu lintas harian Jalan Tol Pandaan-Malang, yaitu pada tahun 2011 sampai 2015, kemudian dirata-rata sehingga diperoleh laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita Jawa Timur rata-rata sebesar 10,14.

### 3.3. Data Sekunder Lalu Lintas

Dari hasil data lalu lintas pada Jalan Tol Pandaan-Malang, diolah menjadi data lalu lintas harian dan diperkirakan menjadi beban bagi jalan tol yang direncanakan. Kemudian diperlukan tingkat pertumbuhan lalu lintas yang akan digunakan untuk peramalan jumlah lalu lintas pada akhir masa umur rencana.

Data lalu lintas pada ruas Jalan Tol Pandaan-Malang didapatkan dari literatur yang telah ada sebelumnya. Data lalu lintas kali ini berupa data sekunder, yang didapatkan dari Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Pandaan-Malang dengan Jenis Perkerasan Lentur”. Dimana pada data tersebut didapatkan oleh penulis dengan melalui survey perhitungan (*counting*) lalu lintas pada ruas Jalan Raya Sukorejo yang dilakukan pada hari Senin tanggal 25 April 2016 pukul 06.00 - 22.00. Adapun hasil data lalu lintas disajikan dalam tabel 3.5. dan tabel 3.6.

Tabel 3. 5 Hasil Survey Lalu Lintas Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan

JAM	GOLONGAN									
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C
	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Oplet, Pick Up, Sub Urban, Kombi, Minibus	Pick Up, Micro Truck dan Mobil Hantar	Bus Kecil	Bus Besar	Truk, Truk Tangki, 2 Sumbu 3/4	Truk Tangki 2 Sumbu	Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Trailer dan Truk Trailer
6:00 - 7:00	371	51	45	3	22	11	74	24	2	12
7:00 - 8:00	475	43	79	2	25	18	90	19	1	17
8:00 - 9:00	454	46	100	6	49	22	88	24	2	17
9:00 - 10:00	503	40	126	1	34	27	107	35	0	15
10:00 - 11:00	483	24	129	0	24	30	131	52	1	13
11:00 - 12:00	465	25	118	2	25	41	200	55	1	21
12:00 - 13:00	456	32	126	0	21	25	212	46	4	24
13:00 - 14:00	442	38	130	2	26	25	193	46	3	23

JAM	GOLONGAN									
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C
	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Oplet, Pick Up, Sub Urban, Kombi, Minibus	Pick Up, Micro Truck dan Mobil Hantar	Bus Kecil	Bus Besar	Truk, Truk Tangki, 2 Sumbu 3/4	Truk Tangki 2 Sumbu	Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Trailer dan Truk Trailer
14:00 - 15:00	517	46	135	4	18	19	158	40	2	7
15:00 - 16:00	499	27	109	2	19	17	131	41	4	11
16:00 - 17:00	580	44	91	2	21	15	121	28	3	6
17:00 - 18:00	580	37	80	5	31	9	108	34	5	12
18:00 - 19:00	657	29	117	3	22	13	100	34	3	14
19:00 - 20:00	507	37	97	1	22	5	91	29	2	10
20:00 - 21:00	440	33	101	2	22	11	102	25	2	10
21:00 - 22:00	400	12	43	0	18	8	87	27	2	3
Jumlah	7829	564	1626	35	399	296	1993	559	37	215

Tabel 3. 6 Hasil Survey Lalu Lintas Daerah Purwosari Arah Selatan-Utara

JAM	GOLONGAN									
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C
	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Oplet, Pick Up, Sub Urban, Kombi, Minibus	Pick Up, Micro Truck dan Mobil Hantar	Bus Kecil	Bus Besar	Truk, Truk Tangki, 2 Sumbu 3/4	Truk Tangki 2 Sumbu	Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Trailer dan Truk Trailer
6:00 - 7:00	779	41	58	3	20	8	100	15	1	3
7:00 - 8:00	739	66	85	3	20	7	95	17	4	3
8:00 - 9:00	541	46	121	1	17	15	85	22	2	5
9:00 - 10:00	551	30	120	0	16	25	122	31	2	8
10:00 - 11:00	586	39	136	2	15	14	122	34	1	10
11:00 - 12:00	461	23	186	1	21	10	103	53	2	19
12:00 - 13:00	380	45	137	1	16	26	131	44	2	7

JAM	GOLONGAN									
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C
	Sedan, Jeep dan Station Wagon	Oplet, Pick Up, Sub Urban, Kombi, Minibus	Pick Up, Micro Truck dan Mobil Hantar	Bus Kecil	Bus Besar	Truk, Truk Tangki, 2 Sumbu 3/4	Truk Tangki 2 Sumbu	Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Trailer dan Truk Trailer
13:00 - 14:00	376	23	148	1	14	8	102	37	3	12
14:00 - 15:00	336	36	106	2	23	12	62	31	3	11
15:00 - 16:00	491	43	136	4	22	25	82	42	1	13
16:00 - 17:00	465	28	122	2	26	18	86	37	5	14
17:00 - 18:00	455	40	120	5	18	15	58	26	1	10
18:00 - 19:00	404	28	104	4	19	23	55	24	1	7
19:00 - 20:00	416	11	109	2	25	16	58	26	1	7
20:00 - 21:00	424	12	114	3	18	14	84	19	2	9
21:00 - 22:00	296	6	69	0	18	6	47	14	1	3
Jumlah	7700	517	1871	34	308	242	1392	472	32	141

### 3.4. Analisis Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Perhitungan analisa lalu lintas digunakan untuk mendapatkan beban lalu lintas pada umur rencana. Dalam perencanaan kali ini, direncanakan umur rencana jalan 40 tahun, diperkirakan tahun bukaan jalan pada tahun 2020 dan akhir umur rencana 2020. Untuk data rekapitulasinya disajikan pada tabel 3.7, 3.8 dan 3.9.

Tabel 3. 7 Hasil Survey LHR Tahun 2016 Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan

Golongan	Kode	LHR (2016)
2	1.1	7.829
3	1.1	564
4	1.1	1.626

<b>Golongan</b>	<b>Kode</b>	<b>LHR (2016)</b>
5A	1.1	35
5B	1.2	399
6A	1.1	296
6B	1.2	1.993
7A	1.22	599
7B	1.22-22	37
7C	1.22+22	215
<b>TOTAL :</b>		<b>13.593</b>

Tabel 3. 8 Hasil Survey LHR Tahun 2016 Daerah Purwosari Arah Selatan-Utara

<b>Golongan</b>	<b>Kode</b>	<b>LHR (2016)</b>
2	1.1	7.700
3	1.1	517
4	1.1	1.871
5A	1.1	34
5B	1.2	308
6A	1.1	242
6B	1.2	1.392
7A	1.22	472
7B	1.22+22	32
7C	1.22-22	141
<b>TOTAL :</b>		<b>12.709</b>

Tabel 3. 9 Total Nilai LHR Tahun 2016 Pada Kedua Ruas

<b>Golongan</b>	<b>Kode</b>	<b>LHR (2016)</b>
2	1.1	15.529
3	1.1	1.081
4	1.1	3.497
5A	1.1	69
5B	1.2	707
6A	1.1	538
6B	1.2	3.385
7A	1.22	1.071
7B	1.22+22	69
7C	1.22-22	356
<b>TOTAL :</b>		<b>26.302</b>

Berdasarkan data lalu lintas harian hasil survei tersebut, menunjukkan bahwa perkiraan nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintas daerah Purwosari arah utara-selatan adalah 13.593 kendaraan/hari, dan perkiraan nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintas daerah Purwosari arah selatan-utara adalah 12.709 kendaraan/hari. Untuk itu, digunakan LHR total pada kedua ruas jalan dengan nilai LHR sebesar 26.302 kendaraan/hari.

Dari hasil rekapitulasi LHR pada kedua ruas jalan tersebut, didapatkan bahwa kendaraan paling mendominasi adalah kendaraan pribadi (golongan 2) dengan total kendaraan yang melintas sebesar 59%. Sedangkan kendaraan lainnya yang berpengaruh adalah kendaraan angkutan umum (golongan 3 sampai 5b) dengan total kendaraan yang melintas sebesar 20% dan kendaraan angkutan barang (golongan 6a sampai 7c) dengan total kendaraan yang melintas sebesar 21%.

Untuk memperoleh data lalu lintas harian pada tahun bukaan jalan, yaitu pada tahun 2020, dilakukan *forecasting* terhadap data lalu lintas harian pada tahun survei, yaitu tahun 2016. Adapun perhitungan *forecasting* untuk kendaraan pribadi (golongan 2) berdasarkan pertumbuhan PDRB per Kapita, untuk kendaraan angkutan umum (golongan 3 – 5B) berdasarkan pertumbuhan penduduk, dan untuk kendaraan angkutan barang berdasarkan pertumbuhan PDRB regional. Untuk data rekapitulasinya *forecasting* kendaraan yang melintas pada daerah Purwosari arah utara-selatan disajikan pada tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Hasil Forecasting Data LHR Tahun 2016

Tahun	Golongan									
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C
2016	15529	1081	3497	69	707	538	3385	1071	69	356
2017	17104	1089	3521	70	712	571	3589	1136	74	378
2018	18839	1096	3544	70	717	605	3804	1204	78	401
2019	20749	1103	3567	71	722	641	4033	1276	83	425
2020	22854	1110	3591	71	726	680	4275	1353	88	450

Perhitungan *forecasting* data LHR pada tahun survei (tahun 2016) ke tahun bukaan jalan (tahun 2020) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

a. Kendaraan Golongan 2

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 2 sebesar 15.529 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB per Kapita Jawa Timur rata-rata sebesar 10,14% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\
 &= (1 + 0,1014)^4 \times 15.529 \text{ kendaraan} \\
 &= 22.854 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$



b. Kendaraan Golongan 3

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 3 sebesar 1.081 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan penduduk Jawa Timur rata-rata sebesar 0,66% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,066)^4 \times 1.081 \text{ kendaraan} \\ &= 1.110 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

c. Kendaraan Golongan 4

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 4 sebesar 3.497 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan penduduk Jawa Timur rata-rata sebesar 0,66% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,066)^4 \times 3.497 \text{ kendaraan} \\ &= 3.591 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

d. Kendaraan Golongan 5A

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 5A sebesar 69 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan penduduk Jawa Timur rata-rata sebesar 0,66% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,066)^4 \times 69 \text{ kendaraan} \\ &= 71 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

e. Kendaraan Golongan 5B

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 5B sebesar 707 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan penduduk Jawa Timur rata-rata sebesar 0,66% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,066)^4 \times 707 \text{ kendaraan} \\ &= 726 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

f. Kendaraan Golongan 6A

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 6A sebesar 538 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,0601)^4 \times 538 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

= 680 kendaraan

g. Kendaraan Golongan 6B

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 6B sebesar 3385 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,601)^4 \times 3385 \text{ kendaraan} \\ &= 4275 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

h. Kendaraan Golongan 7A

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 7A sebesar 1.071 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,601)^4 \times 1071 \text{ kendaraan} \\ &= 1.353 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

i. Kendaraan Golongan 7B

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 7B sebesar 69 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,601)^4 \times 69 \text{ kendaraan} \\ &= 88 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

j. Kendaraan Golongan 7C

Diketahui LHR pada tahun survei (tahun 2016) untuk kendaraan golongan 7C sebesar 356 kendaraan. Dengan menggunakan faktor laju pertumbuhan PDRB Regional Jawa Timur rata-rata sebesar 6,01% maka didapatkan data *forecasting* LHR tahun 2020 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{LHR 2020} &= (1 + i)^n \times \text{LHR 2016} \\ &= (1 + 0,601)^4 \times 356 \text{ kendaraan} \\ &= 450 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan data lalu lintas harian (LHR) pada tahun bukaan jalan (tahun 2020) tercantum pada tabel 3.11 dengan total kendaraan yang melintas sebesar 35.198 kendaraan/hari.

Tabel 3. 11 Hasil LHR Tahun 2020 Daerah Purwosari Arah Utara-Selatan

Golongan	Kode	LHR (2020)
2	1.1	22.854
3	1.1	1.110
4	1.1	3.591
5A	1.1	71
5B	1.2	726
6A	1.1	680
6B	1.2	4.275
7A	1.22	1.353
7B	1.22+22	88
7C	1.22-22	450
TOTAL :		35.198

### 3.5. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk memperkirakan faktor pertumbuhan lalu lintas, digunakan laju pertumbuhan jumlah penduduk, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan Produk Domestik Regional Bruto per Kapita (PDRB per Kapita).

Data laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk digunakan untuk memperkirakan besarnya faktor pertumbuhan bus dan angkutan umum. Data laju pertumbuhan tahunan PDRB digunakan untuk memperkirakan besarnya faktor pertumbuhan truk dan angkutan barang. Sedangkan data laju pertumbuhan tahunan PDRB perkapita digunakan untuk memperkirakan besarnya faktor pertumbuhan kendaraan pribadi.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif pada persamaan 3.3.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \quad (3.3.)$$

dimana :

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i : laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan seperti total umur rencana (UR), dengan  $i_1\%$  selama periode awal (UR1 tahun) dan  $i_2\%$  selama sisa periode berikutnya (UR-UR1), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dengan persamaan 3.4.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} + (1 + 0,01i_1)^{(UR-1)}(1 + 0,01i_2) \left( \frac{(1+0,01i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01i_2} \right) \quad (3.4.)$$

dimana :

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

- $i_1$  : laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 1 (%)  
 $i_2$  : laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 2 (%)  
 UR : total umur rencana (tahun)  
 UR1 : umur rencana periode 1 (tahun)

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dengan persamaan 3.5.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} + (UR - Q)(i + 0,01i)^{(Q-1)} \quad (3.5.)$$

dimana :

- R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif  
 i : laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)  
 Q : tahun ke (tahun)  
 UR : total umur rencana (tahun)

Setelah menghitung kapasitas maksimum yang terjadi pada tahun ke (Q), kemudian dilakukan perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas menggunakan persamaan seperti berikut :

1. Berdasarkan laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk

Diketahui bahwa laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk rata-rata Provinsi Jawa Timur pada tahun 2011-2015 adalah 0,66% dan direncanakan perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun, maka untuk mendapatkan faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung menggunakan persamaan 3.3.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \\
 &= \frac{(1+0,01.0,0066)^{40}-1}{0,01.0,0066} \\
 &= 40,0514
 \end{aligned}$$

Maka faktor pertumbuhan lalu lintas akibat laju pertumbuhan tahunan jumlah penduduk 0,66% dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,0514.

2. Berdasarkan laju pertumbuhan tahunan PDRB

Diketahui bahwa laju pertumbuhan tahunan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur pada tahun 2011-2015 adalah 6,01% dan direncanakan perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun, maka untuk mendapatkan faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \\
 &= \frac{(1+0,01.0,0601)^{40}-1}{0,01.0,0601} \\
 &= 40,4721
 \end{aligned}$$

Maka faktor pertumbuhan lalu lintas akibat laju pertumbuhan tahunan PDRB 6,01% dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

3. Berdasarkan laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita

Diketahui bahwa laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita Provinsi Jawa Timur pada tahun 2011-2015 adalah 10,14 % dan direncanakan perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun, maka untuk mendapatkan faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \\ &= \frac{(1+0,01.0,1014)^{40}-1}{0,01.0,1014} \\ &= 40,8013 \end{aligned}$$

Maka faktor pertumbuhan lalu lintas akibat laju pertumbuhan tahunan PDRB per Kapita 10,14% dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,8013.

## BAB IV PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN KAKU

Suatu perencanaan perkerasan kaku menurut Manual Desain Perkerasan 2017, didasarkan pada beban lalu lintas yang terjadi. Adapun beban lalu lintas yang terjadi diantaranya adalah beban lalu lintas berat dan beban lalu lintas ringan. Bagan desain perkerasan untuk jalan dengan beban lalu lintas berat didapatkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada tabel 4 halaman 7-16 yang ditunjukkan pada tabel 4.1. dan untuk jalan dengan beban lalu lintas ringan didapatkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada tabel 4A halaman 7-16 yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Bagan Desain Perkerasan kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

<b>Struktur Perkerasan</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) (10E6)	< 4,3	< 8,6	< 25,8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	YA				
<b>Struktur Perkerasan (mm)</b>					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Tabel 4. 2 Bagan Desain Perkerasan kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Rendah

	Tanah Dasar			
	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan Normal	
Bahu pelat beton ( <i>tied shoulder</i> )	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya, jika daya dukung fondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)	125 mm			
Jarak sambungan melintang	4 m			

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

#### 4.1. Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Dalam perhitungan struktur perkerasan kaku, didasarkan pada jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) pada lajur rencana selama umur rencana. Adapun perhitungan jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH) menurut persamaan 4.1. adalah sebagai berikut :

$$\text{JSKNH} = \text{LHR} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \quad (4.1.)$$

dimana :

JSKNH : jumlah sumbu kendaraan niaga harian

LHR : lintas harian rata-rata (satuan kendaraan per hari)

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) didapatkan pada persamaan 4.2. sebagai berikut :

$$\text{JSKN} = \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot DD \cdot DL \quad (4.2.)$$

dimana :

JSKN : jumlah sumbu kendaraan niaga

JSKNH : jumlah sumbu kendaraan niaga harian

R : faktor pertumbuhan lalu lintas

DD : faktor distribusi arah

DL : faktor distribusi lajur

Jumlah sumbu kendaraan yang digunakan pada perhitungan persamaan 4.1. berdasarkan pada tabel kelompok sumbu yang didapatkan pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada tabel 4.5 halaman 4-6 yang dijelaskan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kelompok Sumbu

Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok Sumbu
Sepeda Motor	1.1	2
Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	1.1	2
Bus Kecil	1.2	2
Bus Besar	1.2	2
Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	2
Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	2
Truk 2 sumbu – sedang	1.2	2
Truk 2 sumbu – berat	1.2	2
Truk 3 sumbu – ringan	1.2	2
Truk 3 sumbu – sedang	1.22	2
Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	2
Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4
Truk 4 sumbu – trailer	1.2-22	3
Truk 5 sumbu – trailer	1.2-22	3
Truk 5 sumbu – trailer	1.2-222	3
Truk 6 sumbu – trailer	1.22-222	3

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Untuk faktor distribusi arah (DD) digunakan untuk menentukan distribusi ke masing-masing arah. Menurut Manual Desain Perkerasan 2017, untuk jalan dua arah faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil sebesar 0,50.

Untuk faktor distribusi lajur digunakan untuk menentukan distribusi ke masing-masing lajur per arah, dimana ditentukan oleh jumlah lajur dan lajur rencana. Untuk nilai DL diambil berdasarkan faktor distribusi lajur (DL) yang didapatkan pada Manual Desain Perkerasan 2017 pada tabel 4.2 halaman 4-3 yang terdapat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Faktor Distribusi Lajur (DL)

<b>Jumlah Lajur Setiap Arah</b>	<b>Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)</b>
1	100
2	80
3	60
4	50

Pada ruas Jalan Tol Pandaan Malang yang memiliki jumlah lajur setiap arahnya sebesar 2, maka nilai DL yang diambil sama dengan 1,0.

a. Kendaraan Golongan 5A

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 5A dengan konfigurasi sumbu 1.1 adalah 71 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 5A adalah 2. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 5A berdasarkan pertumbuhan penduduk Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,0514.

$$\begin{aligned}
 JSKNH &= LHR_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\
 &= 71 \cdot 2 \\
 &= 142 \\
 JSKN &= JSKNH \cdot R \cdot 365 \cdot DD \cdot DL \\
 &= 142 \cdot 40,0514 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\
 &= 830.347
 \end{aligned}$$

b. Kendaraan Golongan 5B

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 5B dengan konfigurasi sumbu 1.2 adalah 726 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 5B adalah 2. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 5B berdasarkan pertumbuhan penduduk Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,0514.

$$\begin{aligned}
 JSKNH &= LHR_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\
 &= 726 \cdot 2 \\
 &= 1452 \\
 JSKN &= JSKNH \cdot R \cdot 365 \cdot DD \cdot DL \\
 &= 1452 \cdot 40,0514 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8
 \end{aligned}$$



$$= 8.490.581$$

c. Kendaraan Golongan 6A

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 6A dengan konfigurasi sumbu 1.2 adalah 680 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 6A adalah 2. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 6A berdasarkan pertumbuhan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

$$\begin{aligned} \text{JSKNH} &= \text{LHR}_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\ &= 680 \cdot 2 \\ &= 1360 \\ \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \\ &= 1360 \cdot 40,4721 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\ &= 8.036.132 \end{aligned}$$

d. Kendaraan Golongan 6B

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 6B dengan konfigurasi sumbu 1.2 adalah 4275 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 6B adalah 2. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 6B berdasarkan pertumbuhan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

$$\begin{aligned} \text{JSKNH} &= \text{LHR}_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\ &= 4275 \cdot 2 \\ &= 8.550 \\ \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \\ &= 8.550 \cdot 40,4721 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\ &= 50.521.269 \end{aligned}$$

e. Kendaraan Golongan 7A

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 7A dengan konfigurasi sumbu 1.22 adalah 1353 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 7A adalah 2. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 7A berdasarkan pertumbuhan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

$$\begin{aligned} \text{JSKNH} &= \text{LHR}_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\ &= 1353 \cdot 4 \\ &= 5.412 \\ \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \\ &= 5.412 \cdot 40,4721 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\ &= 31.979.077 \end{aligned}$$

f. Kendaraan Golongan 7B

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 7B dengan konfigurasi sumbu 1.22+22 adalah 88 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 7B adalah 4. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 7B berdasarkan pertumbuhan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

$$\begin{aligned} \text{JSKNH} &= \text{LHR}_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\ &= 88 \cdot 3 \\ &= 264 \\ \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \\ &= 264 \cdot 40,4721 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\ &= 1.559.9555 \end{aligned}$$

g. Kendaraan Golongan 7C

Diketahui LHR pada tahun 2020 untuk jenis kendaraan golongan 7C dengan konfigurasi sumbu 1.2-22, 1.2-222, 1.22-222 adalah 450 kendaraan, dan menurut tabel 4.3. untuk kelompok sumbu jenis kendaraan golongan 7C adalah 3. Menurut perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas, nilai R untuk kendaraan golongan 7C berdasarkan pertumbuhan PDRB Regional Provinsi Jawa Timur dengan umur rencana 40 tahun adalah 40,4721.

$$\begin{aligned} \text{JSKNH} &= \text{LHR}_{\text{tahun 2020}} \cdot \text{Jumlah sumbu kendaraan} \\ &= 450 \cdot 3 \\ &= 1350 \\ \text{JSKN} &= \text{JSKNH} \cdot R \cdot 365 \cdot \text{DD} \cdot \text{DL} \\ &= 1350 \cdot 40,4721 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \\ &= 7.977.043 \end{aligned}$$

Sehingga, total nilai JSKN yang didapatkan adalah sebesar 109.394.404, Dan untuk semua hasil perhitungan JSKN dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

Gol.	LHR (2020)	Jumlah Sumbu	JSKNH	R	365	DD	DL	JSKN
5A	36	2	72	40,0514	365	0,5	0,8	830.347
5B	410	2	820	40,0514	365	0,5	0,8	8.490.581
6A	374	2	748	40,4721	365	0,5	0,8	8.036.132
6B	2.517	2	5.034	40,4721	365	0,5	0,8	50.521.269
7A	757	4	3.028	40,4721	365	0,5	0,8	31.979.077
7B	47	3	141	40,4721	365	0,5	0,8	1.559.955
7C	272	3	816	40,4721	365	0,5	0,8	7.977.043
Total :								109.394.404

#### 4.2. Pemilihan Jenis Perkerasan Kaku pada Badan Jalan

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, total nilai JSKN sebesar 109.394.404, dimana menurut tabel 4.1. digolongkan dalam R5 dengan rentang 43 juta sampai dengan 86 juta JSKN. Dan untuk struktur perkerasan direncanakan sebagai berikut :

**Umur Rencana** = 40 tahun  
**Tebal Pelat Beton** = 305 mm  
**Lapis Pondasi LMC** = 100 mm  
**Lapis Drainase** = 150 mm

Untuk bahan pondasi bawah digunakan bahan campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) dimana harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan *fly ash* atau 7 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan *fly ash* sesuai dengan Pd T-14-2003.

Sedangkan untuk bahan beton semen memiliki kekuatan yang dinyatakan dalam nilai kuat tarim lentur (*flexural strength*) umur 28 hari yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>).

Direncanakan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, sehingga digunakan dowel sebagai sambungan susut melintang dan sambungan pelaksanaan melintang. Menurut Pd T-14-2003 dimana mengacu pada tabel diameter ruji, bahwa direncanakan tebal pelat beton (h) adalah 305 mm, maka digolongkan pada no. 5 dengan rentang nilai h antara 200 sampai dengan 250 mm dengan ketentuan sambungan susut melintang.

**Kedalaman Sambungan** =  $0,5 \times h = 0,5 \times 305 \text{ mm} = 152,5 \text{ mm}$   
**Jarak Sambungan** = 5 m  
**Diameter Ruji** = 36 mm  
**Panjang Ruji** = 45 cm  
**Jarak Antar Ruji** = 30 cm

Untuk sambungan memanjang dengan batang pengikat (Tie Bars), yang bertujuan untuk mengendalikan retak memanjang, maka perhitungan sambungan memanjang menggunakan persamaan sebagai berikut :

**At** =  $204 \times b \times h$   
=  $204 \times 4 \times 0,305$   
=  $248,88 \text{ mm}^2$

Dicoba D *Tie Bars* minimum : D16 mm dengan jarak 750 mm

**A** =  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times (1000 / \text{jarak tulangan})$   
=  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times (16)^2 \times (1000 / 750)$   
=  $268,082 \text{ mm}^2 > 248,88 \text{ mm}^2$

Maka digunakan diameter *tie bars* D16 mm dengan jarak 750 mm

**I** =  $(38,3 \times D) + 75$   
=  $(38,3 \times 16) + 75$   
=  $695,8 \text{ mm}$   
= 70 cm

Maka sambungan memanjang dipasang tulangan baja ulir D16 mm dengan panjang 70 cm dan jarak 75 cm.

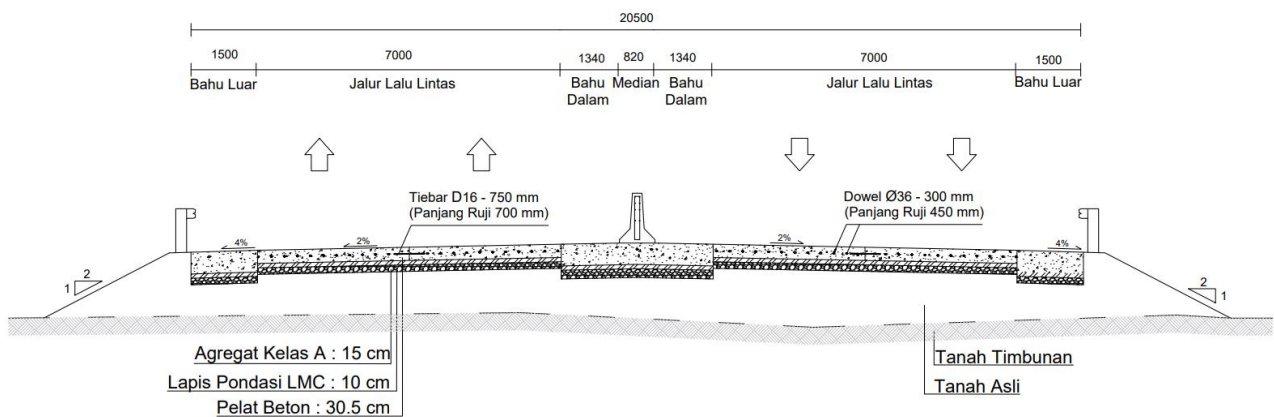
### 4.3. Pemilihan Jenis Perkerasan pada Bahu Jalan

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2017, persyaratan bahu diperkeras untuk kebutuhan sebagai berikut :

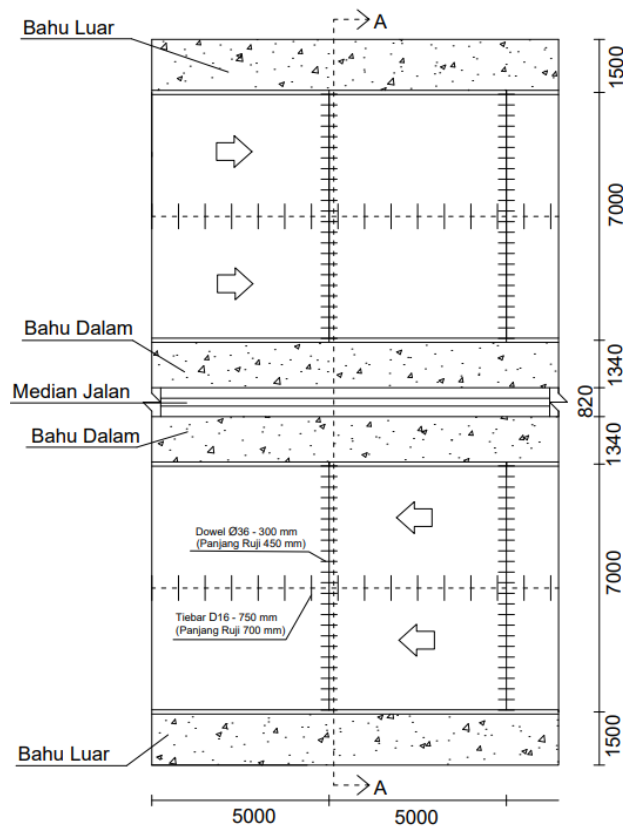
- a) Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai sengan garis kerb)
- b) Gradien jalan lebih dari 4%
- c) Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi ( $\text{superelevasi} \geq 0\%$ )
- d) Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan
- e) Jalan tol dan jalan bebas hambatan

Dikarenakan perencanaan kali ini merupakan jalan tol, maka material bahu jalan harus diperkeras. Material bahu diperkeras dengan menggunakan kombinasi bahu beton dengan ketebalan 500 – 600 mm.

Berikut merupakan gambar detail potongan melintang perkerasan kaku beserta detail penulangan perkerasan kaku ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 4. 1 Potongan Melintang Perkerasan Kaku



Gambar 4. 2 Detail Penulangan Perkerasan Kaku

#### 4.4. Metode Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah dasar dalam pembangunan jalan tol Pandaan – Malang tidak dilakukan. Dari hasil pengujian CBR di daerah Lawang yang didapat dari Tugas Akhir “Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Pandaan – Malang dengan Jenis Perkerasan Lentur” didapatkan hasil pada tabel 4.6, kemudian diurutkan dari nilai terkecil ke yang terbesar.

Tabel 4. 6 Nilai CBR Terurut

	Nilai CBR	Nilai Terurut
Titik 1	38.58	10.43
Titik 2	49.2	19.17
Titik 3	19.17	38.58
Titik 4	45.07	45.07
Titik 5	10.43	49.2

Kemudian dari nilai terurut tersebut dicari jumlah yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai lalu dicari persentasenya (tabel 4.8) untuk dimasukkan ke dalam grafik.

Tabel 4. 7 Persentase CBR per Titik

CBR TERURUT	Jumla sama atau lebih besar	Persen sama atau lebih besar
10.43	5	100%
19.17	4	80%
38.58	3	60%
45.07	2	40%
49.2	1	20%

Pada persentase 90% didapatkan nilai CBR sebesar 14,79 %. Tidak diperlukan perbaikan tanah karena nilai CBR lebih dari 5%. Untuk kasus dimana tanah dasar dibutuhkan perbaikan tanah, maka dapat digunakan metode perbaikan tanah dengan menggunakan metode perloading yang diberikan secara bertahap dan dikombinasikan dengan prefabricated Vertical Drain (PVD) untuk mempercepat pemampatannya.

#### 4.5. Perhitungan Kestabilan Tanah Timbunan

Dalam perhitungan kestabilan tanah timbunan, dapat dilakukan kontrol stabilitas meliputi external stability dan overall stability. Kemudian dapat diketahui H kritis sebagai batas penimbunan yang aman di lapangan lewat beberapa aplikasi salah satunya adalah Geo5. Setelah diketahui nilai SF dari timbunan yang direncanakan, apabila SF nya tidak memenuhi dapat menggunakan perkuatan timbunannya dengan beberapa alternatif perkuatan diantaranya dapat menggunakan geotextile dan juga perkuatan cerucuk.

Pada tugas pengganti kali ini, tidak dapat dilakukan perhitungan stabilitas tanah timbunan karena tanah timbunan yang dicantumkan pada perencanaan hanyalah asumsi dari penulis. Dalam mendapatkan data primer mengalami kesulitan karena sedang terjadi pandemi. Begitu pula dalam mendapatkan data sekunder, belum ditemukan data yang menyajikan secara detail timbunan pada jalan tol Pandaan - Malang.

## **BAB V**

### **METODE PELAKSANAAN PERKERASAN KAKU**

Pada metode pelaksanaan perkerasan kaku kali ini, studi literatur yang digunakan adalah “Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil” pada bagian metode pelaksanaan perkerasan kaku.

#### **5.1. Alat dan Bahan**

Menurut metode pelaksanaan perkerasan kaku pada Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil, alat utama yang dipergunakan adalah concrete paver. Ada banyak jenis alat paver sesuai dengan perkembangan teknologi, alat ini pun berkembang semakin canggih dan serba otomatis, namun juga menuntut keterampilan yang tinggi bagi operator-operatornya, maupun tim kerja yang ada. Demikian juga dengan jenis beton yang harus disediakan agak berbeda dengan metode terdahulu. Beton yang digunakan harus sangat diperhatikan penanganannya untuk alat-alat yang modern tersebut. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan :

##### **1. Paver**

Untuk alat paver ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Paver  
Sumber : kmmigroup.com

2. Spreader

Untuk alat spreader ditunjukkan pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Spreader

Sumber : beton.ahlikonstruksi.com

3. Concrete Vibrator

Untuk alat concrete vibrator ditunjukkan pada gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Concrete Vibrator

Sumber : mixready.com

4. Jidar Aluminium

Untuk alat jidar aluminium ditunjukkan pada gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Jidar Aluminium

Sumber : multitalenta.co.id



5. Trowel

Untuk alat trowel ditunjukkan pada gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Trowel

Sumber : strong-indonesia.com

6. Theodolite dan Water Pass

Untuk alat theodolite dan water pass ditunjukkan pada gambar 5.6 dan 5.7.



Gambar 5. 6 Theodolite

Sumber : belajarsipil.com



Gambar 5. 7 Water Pass

Sumber : aryadhani.blogspot.com

7. Grover

Untuk alat grover ditunjukkan pada gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Grover  
Sumber : kumpulengineer.com

8. Cutter beton

Untuk alat cutter beton ditunjukkan pada gambar 5.10.



Gambar 5. 9 Cutter Beton  
Sumber : pokokjayateknik.com

9. Sprayer

Untuk alat sprayer aluminium ditunjukkan pada gambar 5.11.



Gambar 5. 10 Sprayer  
Sumber : amazon.com

10. Genset

Untuk alat genset ditunjukkan pada gambar 5.12.



Gambar 5. 11 Genset  
Sumber : fixcomart.com

11. Lampu Penerangan

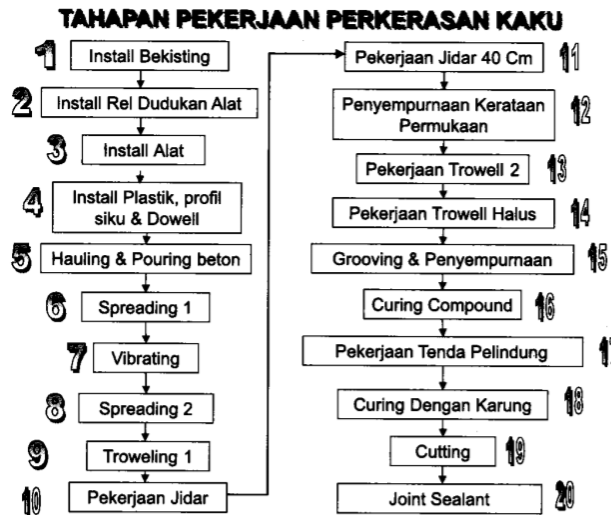
Untuk alat lampu penerangan ditunjukkan pada gambar 5.13.



Gambar 5. 12 Lampu Penerangan  
Sumber : ruparupa.com

## 5.2. Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Kaku

Menurut metode pelaksanaan perkerasan kaku pada Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil, tahapan pelaksanaan untuk pekerjaan perkerasan kaku terdiri atas 20 tahapan. Tahapan-tahapan pekerjaan tersebut dijelaskan pada gambar 5.13.



Gambar 5. 13 Tahapan pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 1. Install Bekisting

Bekisting untuk pekerjaan ini sebaiknya terbuat dari besi dan harus dalam kondisi baik (tidak kotor, lurus dan kokoh). Pada alat paver lama, bekisting ini terpisah dari rel dudukan alat.

Pemasangan bekisting dilakukan setelah diadakan pengukuran untuk menentukan posisi bekisting secara benar dengan menggunakan theodolit (time surveyor). Pastikan bahwa kedudukan bekisting benar-benar kokoh, lurus, dan rata pada permukaannya serta mempunyai elevasi yang benar sesuai rencana (shop drawing), pastikan lagi elevasi apabila pada daerah tikungan.

Mutu hasil akhir permukaan jalan beton sangatlah tergantung dari pekerjaan bekisting ini. Tidak menutup kemungkinan pada beberapa lokasi perlu diadakan penambahan dan pembobokan permukaan lean concrete akibat ketidakrataan lean concrete. Pada kejadian ini pastikan bahwa elevasi atas bekisting tepat sesuai elevasi rencana.

Untuk tahapan install bekisting ditunjukkan pada gambar 5.14.



INSTALL BEKISTING

Gambar 5. 14 Pekerjaan install bekisting

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 2. Install Rel Dudukan Alat

Rel dipasang untuk mendudukkan alat paver maupun spreader di atasnya. Pastikan agar rel berdiri kokoh & tidak goyang, karena rel ini biasanya berdiri di atas tanah di luar lean concrete yang telah disiapkan (lebar > lebar jalan).

Kegagalan pemasangan rel yang baik akan menyebabkan paver dapat terguling atau macet (tidak bisa berjalan). Bila hal tersebut terjadi saat pelaksanaan akan membuat pelaksanaan kacau, karena umur setting beton yang terbatas.

Pada paver-paver keluaran baru sering rel ini dibuat menyatu dengan bekisting. Bila hal ini dipakai, pastikan benar bahwa rel tersebut kokoh dan tidak goyang dalam toleransi 1 mm (untuk kondisi di mana keterampilan tenaga yang ada kurang baik, sebaiknya cara tersebut jangan dilakukan).

Untuk tahapan install rel dudukan alat ditunjukkan pada gambar 5.15.



INSTALL REL DUDUKAN ALAT

Gambar 5. 15 Pekerjaan install rel dudukan alat

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 3. Install Pemasangan Alat

Alat yang dimaksud di sini adalah alat paver dan spreader. Pekerjaan ini meliputi: Pemindahan alat, pengangkatan paver dan spreader ke atas rel dudukan alat, pengecekan mesin, test jalan paver dan tes bekerjanya alat.

Pastikan alat paver tersebut dapat berjalan dari ujung ke ujung lainnya tanpa hambatan. Amati dudukan rel, terutama pada sambungan rel, cermati bila ada pergerakan rel saat dibebani alat. Segera perbaiki kedudukan rel bila terdapat gerakan agar menjamin pekerjaan penghamparan berjalan lancar.

Untuk tahapan install pemasangan alat ditunjukkan pada gambar 5.16.



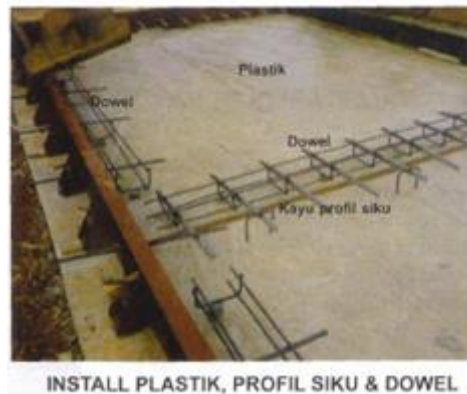
Gambar 5. 16 Pekerjaan install pemasangan alat  
Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 4. Install Plastik, Profil Kayu Siku, Dowel

Urutan pekerjaan install plastik, profil kayu siku dan dowel sebagai berikut :

- Lembaran plastik dihamparkan di atas lean concrete sebagai alas beton pekerasan kaku.
- Profil kayu dipasang di bawah dowel dengan maksud membuat perlemahan di joint, sehingga pada saat kembang susut, retak yang terjadi hanya pada lokasi yang sudah ada penulangannya
- Dowel dipasang di setiap jarak 5 m sebagai tulangan yang bekerja saat beton kembang susut. Dowel tersebut terbuat dari besi polos diameter 36 mm dan diolesi gemuk dan ditutup PVC agar beton dapat bergerak (tidak terikat oleh besi tulangan).
- Ada 2 (dua) jenis dowel yang, dipasang dowel memanjang dengan diameter 25 mm dari besi polos dan dowel melintang dengan besi ulir diameter 19 mm.

Untuk tahapan install plastik, profil kayu siku dan dowel ditunjukkan pada gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Pekerjaan install plastik, profil kayu siku, dowel  
Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 5. Hauling dan Pouring Beton

Setelah bekisting, lembaran plastik, dan alat- alat telah siap, penuangan beton dapat dilaksanakan. Beton dituangkan perlahan-lahan sampai diperkirakan cukup untuk suatu area tertentu sampai ketebalan yang direncanakan. Beton kemudian dihamparkan dan disebarkan. Saat penuangan beton diperhatikan pula cuaca, suhu lingkungan, karena yang digunakan slump-nya sangat rendah (kurang lebih 5 cm).

Cuaca disarankan cerah, tidak hujan. Dari pengalaman untuk menghindari retak rambut permukaan, penuangan sebaiknya dilakukan saat malam hari (terutama untuk daerah seperti Jakarta). Perhatikan pula alat - alat penunjang kerja malam seperti lampu yang cukup, genset, dll. Di saat musim penghujan perhatikan pula jalan kerja untuk menghindari CoId Joint, karena kesinambungan suplai beton sangat diperlukan sampai batas akhir pengecoran.

Untuk tahapan hauling dan pouring beton ditunjukkan pada gambar 5.18.



Gambar 5. 18 Pekerjaan hauling dan pouring beton  
Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 6. Spreading – 1

Setelah beton diambil dari agitator, beton perlu diratakan ke seluruh lebar jam. Untuk peracaaan awal dapat dilakukan dengan alat spreader. Ini dimaksudkan agar



pelaksanaannya menjadi lebih cepat karena alat tersebut dapat mengerjakan dalam volume besar. Untuk tempat-tempat tertentu yang volumenya lebih kecil dapat dilakukan dengan tenaga orang dengan menggunakan cangkul atau sekop. Demikian seterusnya sampai seluruh bidang dipenuhi dengan beton.

Untuk tahapan spreading-1 ditunjukkan pada gambar 5.19.



**SPREADING**

Gambar 5. 19 Pekerjaan spreading-1

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## **7. Vibrating**

Ada 2 (dua) tahapan vibrating pada pekerjaan ini:

- Pertama, penggetaran permukaan yang dilakukan dengan alat paver
- Kedua, untuk menjamin kepadatan perlu juga dilakukan penggetaran dengan concrete vibrator.

Sebaiknya menggunakan electric vibrator dari jenis high frequency. Sediakan 2 alat electric vibrator ini agar kepadatan beton dipenuhi. Pada alat modern vibrator ini langsung terpasang di bawah alat paver yang bekerja bersamaan saat paver bekerja.

Untuk tahapan vibrating ditunjukkan pada gambar 5.20.



**VIBRATING**

Gambar 5. 20 Pekerjaan vibrating

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil



## 8. Spreading – 2

Perataan kedua ini dimaksudkan untuk, mendapatkan tebal maupun permukaan yang lebih teliti. Hal ini dimaksudkan agar nanti saat finishing permukaan beton yang dihasilkan benar-benar rata.

Perataan kedua ini dilakukan dengan alat paver. Alat ini terdapat di bawah paver yang bergerak maju dan mundur. Sering ditemukan beton kurang tebal dengan range 1-5 cm, Apabila hal tersebut terjadi, tambahkan beton cair dengan sekop dan setelah itu diratakan lagi. Keterampilan operator paver dalam hal ini sangat diperlukan.

Untuk tahapan spreading-2 ditunjukkan pada gambar 5.21.



SPREADING 2

Gambar 5. 21 Pekerjaan spreading-2

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 9. Trowelling (dengan Alat Paver)

Selain dapat meratakan dan menggetarkan, paver dapat juga melakukan perataan layaknya alat trowel. Alat ini terdapat di belakang paver. Sewaktu melakukan fungsinya, alat ini bergeser ke kiri dan kanan dengan bertumpu pada acuan bekisting.

Hasil yang didapatkan adalah permukaan beton yang telah menjadi rata dengan tebal sesuai dengan rencana, namun kehalusan permukaan beton belum didapatkan.

Apabila masih terdapat rongga (biasanya hanya 0,5 - 1 cm saja), rongga tersebut ditambah dengan adukan beton kemudian alat paver meratakan lagi dengan bergeser ke kiri dan ke kanan.

Untuk tahapan pekerjaan troweling-1 (dengan alat paver) ditunjukkan pada gambar 5.22.



TROWELING 1 (DENGAN ALAT PAVER)

Gambar 5. 22 Pekerjaan troweling-1

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 10. Pekerjaan Jidar

Pekerjaan ini merupakan penyempurnaan pekerjaan troweling dengan paver, hanya saja dengan jidar ini trowelling dapat dilakukan dengan lebih teliti lagi.

Akurasi perbedaan tebal permukaan dapat dilakukan hingga kurang dari 0,5 mm. Hal ini juga dapat dilakukan dengan tes lampu. Bila masih ada bayangan rongga, maka rongga tersebut dapat dihilangkan dengan lebih sempurna. Hasil permukaan beton sudah dapat terlihat jauh lebih halus.

Untuk tahapan pekerjaan jidar ditunjukkan pada gambar 5.23.



PEKERJAAN JIDAR

Gambar 5. 23 Pekerjaan jidar

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 11. Pekerjaan Jidar 40 cm dan Penyempurnaan Kerataan Permukaan

Pekerjaan ini dilakukan sekali lagi untuk menguji kerataan permukaan beton. Teknik ini sebenarnya pengembangan di lapangan, yang bahkan pada alat yang modernpun tidak dilakukan. Pekerjaan ini dilakukan dengan "mengetok" jidar aluminium diatas permukaan beton dengan acuan bekisting dipinggir kiri dan kanan. Itulah sebabnya kelurusan, kekokohan dan kebersihan permukaan bekisting sangat diperhatikan.

Untuk tahapan pekerjaan jidar 40 cm ditunjukkan pada gambar 5.24.



PEKERJAAN JIDAR 40 CM

Gambar 5. 24 Pekerjaan jidar 40 cm

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

Pengetokan dilaksanakan setiap jarak 40 cm. Hasil ketokan dapat mendeteksi permukaan yang masih bergelombang dengan lebih teliti lagi. Apabila ditemukan indikasi adanya permukaan bergelombang, dapat ditambahkan adukan beton yang telah diambil 2/3 split-nya (karena gelombang sangat tipis). Kemudian diratakan lagi dengan alat trowel khusus (seperti alat untuk plester namun lebih panjang). Setelah selesai diratakan perlu dicek sekali lagi dengan jidar aluminium tersebut (biasanya hasil sudah sempurna).

Untuk tahapan pekerjaan penyempurnaan kerataan permukaan ditunjukkan pada gambar 5.25.



PENYEMPURNAAN KERATAAN PERMUKAAN

Gambar 5. 25 Pekerjaan penyempurnaan kerataan permukaan

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

## 12. Pekerjaan Trowel-2 dan Trowel Halus

Sambil menunggu beton setting (proses mengeras) pekerjaan penghalusan permukaan terus dilakukan. Makin lama beton akan mulai mengeras. Pada saat (perkiraan) beton hampir mengeras, trowel harus dapat dilaksanakan. Hasil trowel halus ini akan sangat bagus dengan permukaan kelihatan rata dan mengkilap.

Untuk tahapan pekerjaan trowel-2 dan trowel halus ditunjukkan pada gambar 5.26 dan 5.27.



Gambar 5. 26 Pekerjaan trowel-2

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil



Gambar 5. 27 Pekerjaan trowel halus

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 13. Grooving Dan Penyempurnaan

Pekerjaan grooving atau pemberian texture permukaan ini merupakan pekerjaan yang menuntut kesabaran & ketrampilan yang tinggi. Tidak semua tenaga tukang dapat melakukan ini, karakter yang dipilih biasanya berkarakter sabar, telaten, tidak mudah lelah dan jenuh. Ia juga harus mengenal tingkat kekerasan beton, karena beton yang sudah terlalu keras (kelamaan) tidak dapat dibentuk texture-nya ataupun kalau dapat hanya kurang dari 2 mm dan tidak memenuhi kriteria yang mensyaratkan min 3 mm.

Pada beton yang sudah terlanjur mengeras, penggunaan tekanan pada alat grooving malah akan mengakibatkan tercungkilnya split beton dan berakibat fatal pada kerapihan permukaan beton. Beton yang belum mengeras juga kurang baik bila dilaksanakan grooving, karena akan terialu lembek hingga texture tidak akan terlihat rapih.

Berdasarkan pengalaman dan percobaan - percobaan yang dilakukan dilapangan, didapatkan alat grooving yang paling efektif seperti pada gambar. Kadang-kadang masih didapatkan garis texture kurang rapih, hal ini masih dapat diatasi dengan perapihan

texture dengan paku atau kawat, namun tetap dilakukan oleh tenaga yang terampil dan sabar.

Untuk tahapan pekerjaan grooving dan penyempurnaan ditunjukkan pada gambar 5.28 dan 5.29.



Gambar 5. 28 Pekerjaan grooving

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil



Gambar 5. 29 Pekerjaan penyempurnaan grooving

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

#### 14. Curing Compound

Pekerjaan ini dilakukan untuk melindungi beton dari retak-retak rambut akibat terlalu cepatnya susut beton. Hal ini harus lebih diperhatikan bila pelaksanaannya dilakukan di siang hari acau udara yang sangat cerah. Bahan yang digunakan dapat berupa produk - produk perawatan beton yang banyak dipasaran. Adapun penyemprotannya setelah grooving saat beton masih belum keras.

Untuk tahapan pekerjaan curing compound ditunjukkan pada gambar 5.30.



Gambar 5. 30 Pekerjaan curing compound

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 15. Pekerjaan Tenda Pelindung

Tenda ini diperlukan untuk perawatan beton dan berguna untuk:

- Mengurangi terlalu cepatnya penguapan pada permukaan beton
- Melindungi dari pekerja lalu lalang
- Melindungi dari benda-benda jatuh atau binatang
- Melindungi bila tiba-tiba hujan datang

Untuk tahapan pekerjaan tenda pelindung ditunjukkan pada gambar 5.31.



Gambar 5. 31 Pekerjaan tenda pelindung

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 16. Curing Dengan Karung s/d 7 Hari

Untuk perawatan beton setelah umur 1 s/d 7 hari, perawatan diteruskan dengan menutup permukaan beton dengan karung goni yang dibasahkan atau bisa juga dengan geotextile non woven yang dibasahkan secara periodik. Hal ini juga untuk mencegah retak rambut beton akibat susut yang terlalu cepat.

Untuk tahapan curing dengan karung ditunjukkan pada gambar 5.32.





**CURING DENGAN KARUNG (s/d 7 hari)**

Gambar 5. 32 Pekerjaan curing dengan karung s/d 7 hari  
Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### **17. Cutting (s/d Jam ke 18)**

Pemotongan beton perlu dilakukan pada joint - joint yang telah dibuat atau diberi tanda (pada posisi tulangan Dowell). Pemotongan dilakukan dengan mesin pemotong khusus / cutter beton) yang digerakkan dengan mesin. Pemotongan dilaksanakan sedemikian rupa pada saat beton masih cukup lunak namun belum keras sekali atau kira-kira jam ke 12 s/d jam ke 18.

Beton yang terlalu lunak bila dipotong akan menyebabkan 'gumpil' tetapi beton yang terlalu keras juga menyulitkan pemotongan serta akan boros pemakaian pisau cutternya. Kedalaman potong beton kurang lebih 5 cm.

Untuk tahapan pekerjaan cutting ditunjukkan pada gambar 5.33.



**CUTTING (s/d 18 jam)**

Gambar 5. 33 Pekerjaan cutting (s/d 18 jam)  
Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### **18. Pekerjaan Joint Sealant**

Setelah beton dipotong, lubang hasil potongan perlu diisi dengan joint sealant, yang merupakan campuran karet dan aspal. Pengisian sealant sedemikian rupa hingga memenuhi seluruh lubang yang telah dipotong.

Untuk tahapan joint sealant dan hasil akhir ditunjukkan pada gambar 5.34 dan 5.35.



PEKERJAAN JOINT SEALANT

Gambar 5. 34 Pekerjaan joint sealant

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil



HASIL AKHIR

Gambar 5. 35 Hasil Akhir

Sumber : Buku Referensi untuk Bangunan Gedung dan Sipil

### 5.3. Video Animasi

Pada pengerjaan tugas pengganti kali ini, juga dilakukan pembuatan video animasi “Tutorial Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Tol Pandaan – Malang”. Video tersebut dapat dilihat dan diunduh pada platform *youtube*, melalui link berikut :

<https://youtu.be/aET9p4DI5JI>

Berikut merupakan cuplikan animasi dari video tersebut.



Gambar 5. 36 Cuplikan Video Animasi



## **BAB VI PENUTUP**

### **6.1 Kesimpulan**

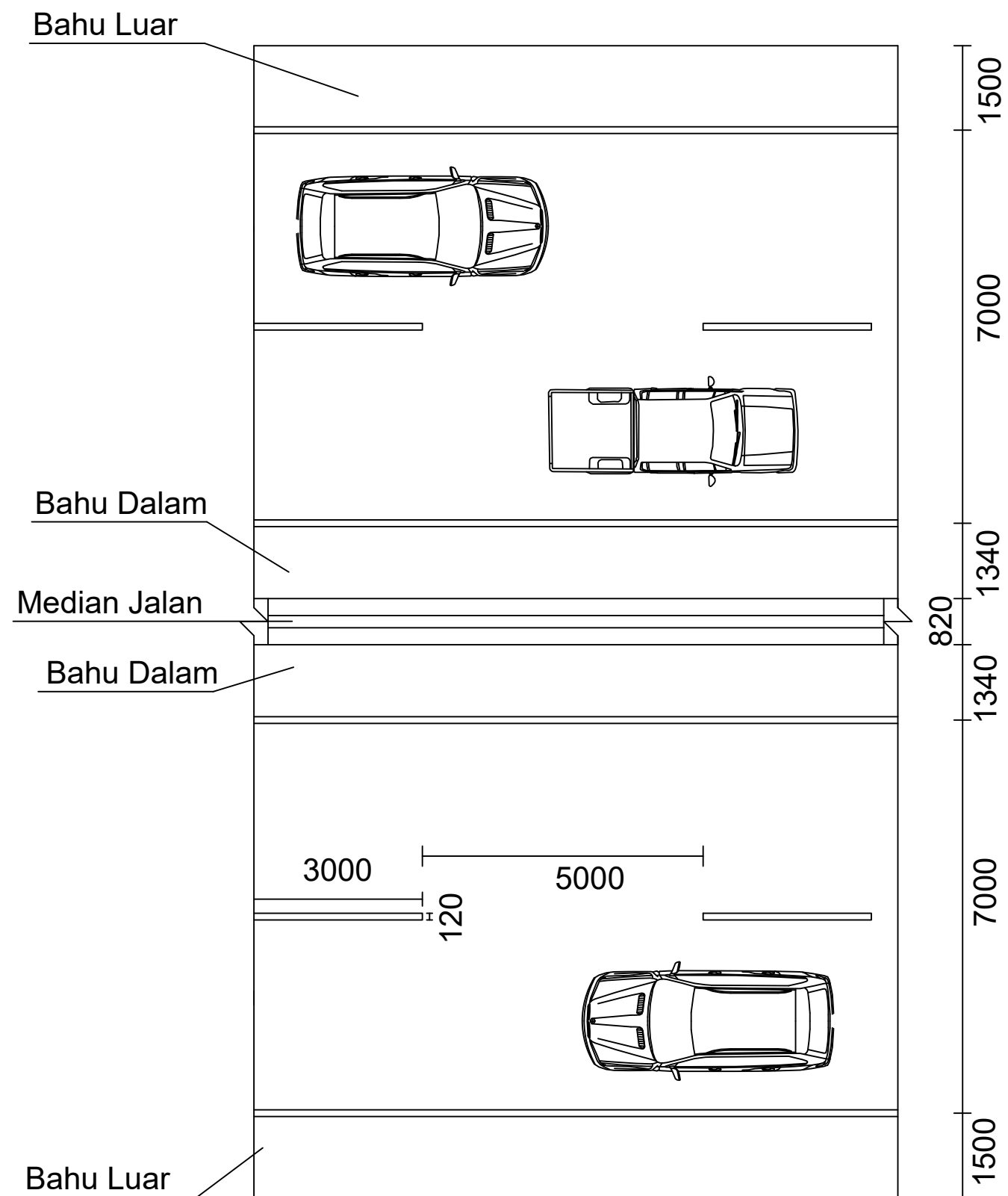
1. Proyek pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang merupakan program pemerintah dalam membangun infrastruktur pendukung dalam bidang transportasi guna meningkatkan perekonomian nasional khususnya Jawa Tmur.
2. Tol Pandaan – Malang direncanakan menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement). Perkerasan kaku ini dipilih dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar. Dimana pada jalan tol terdapat banyak truk - truk bermuatan besar.
3. Total tebal struktur perkerasan kaku hasil analisa karakteristik lalu lintas pada Jalan Tol Pandaan-Malang dengan umur rencana 40 tahun adalah 55,5 cm dengan kombinasi tebal terdiri dari lapis drainase 15 cm, lapis pondasi LMC 10 cm, dan tebal pelat beton 30,5 cm. Kemiringan jalan yang digunakan pada struktur perkerasan kaku adalah sebesar 2%.
4. Tebal perkerasan bahu jalan 50 cm dengan kemiringan 4%


### **6.2 Saran**

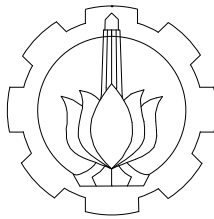
1. Data yang didapatkan merupakan data sekunder dari Tugas Akhir orang lain di lokasi yang berbeda. Idealnya penulis melakukan survey di lokasi yang ditinjau dengan teliti sehingga hasil yang didapatkan dapat sesuai dengan fakta di lapangan mengingat hasil survey ini mempengaruhi analisa perhitungan laporan ini. Hal itu terpaksa dilakukan karena dalam waktu penulisan laporan ini, Indonesia terserang virus pandemi yang berbahaya.
2. Dalam metode pelaksanaan, kami tidak bisa melihat secara langsung di lapangan karena terhalang adanya pandemi. Maka dari itu dalam penyusunan metode pelaksanaan perkerasan kaku, kami menggunakan sumber literatur yang telah ada.

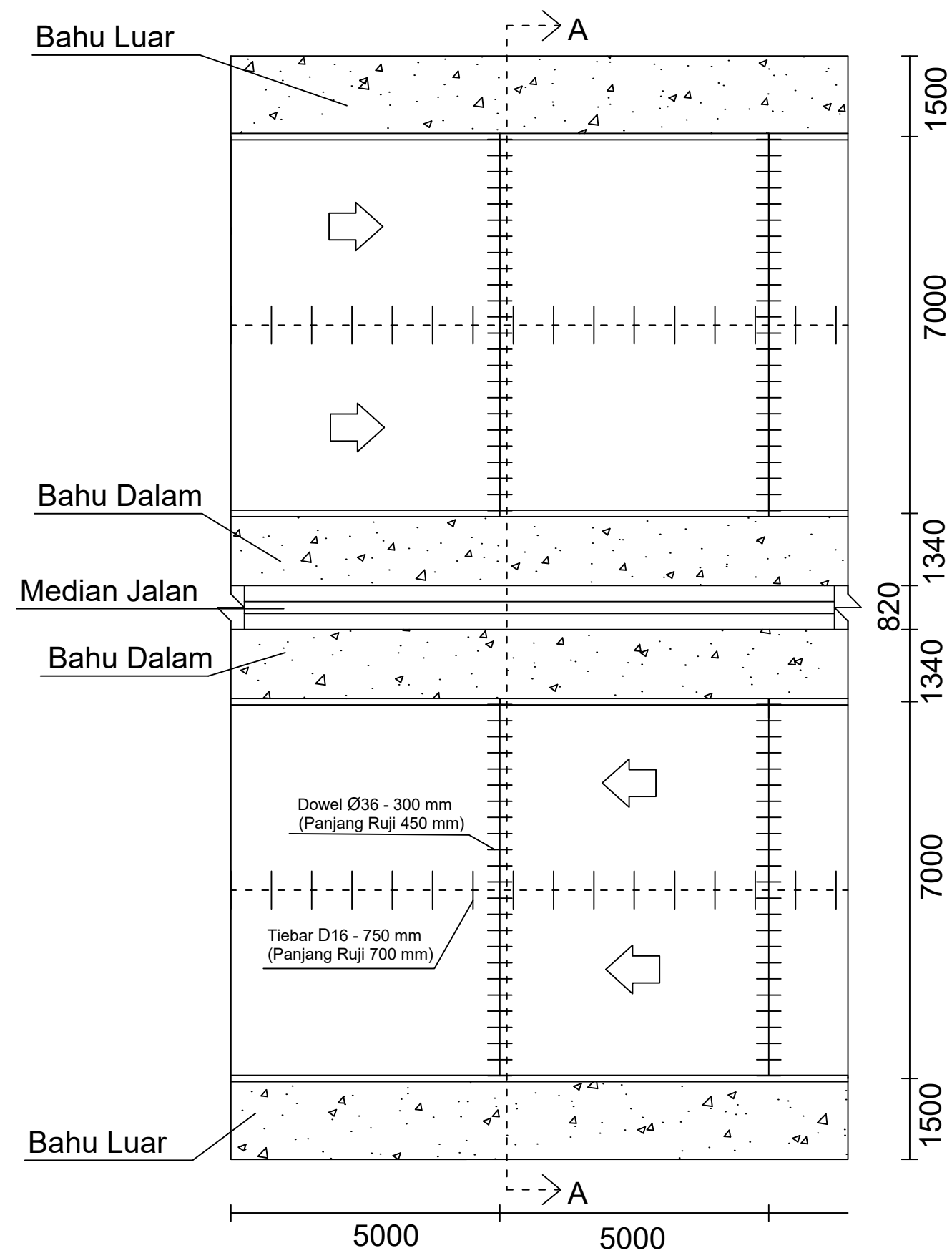
## DAFTAR PUSTAKA

- Ariza, B. V. (2020). *Perancangan Perbaikan Perkerasan Jalan di Jalan Mercedes Benz, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor, Jawa Barat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia. (2004). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Jakarta.
- Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia. (2005). *Undang Undang Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol*. Jakarta.
- Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia. (2006). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*. Jakarta.
- Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia. (2009). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan (Nomor 04/SE/Db/2017 ed.)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Pd T-14-2003-Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta.
- PT. PP (Persero) - General Contractor. (2003). *Buku Referensi untuk Kontraktor Bangunan Gedung dan Sipil*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.



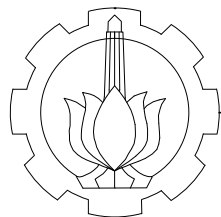

**TAMPAK ATAS PERKERASAN KAKU**  
 SKALA 1 : 100

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	NAMA GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NO LEMBAR / JUMLAH LEMBAR
		PERENCANAAN PERKERASAN KAKU STUDI KASUS : TOL PANDAAN - MALANG	CAHYA BUANA, S.T., M.T.	AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN NRP. 0311174000030 RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS NRP. 0311174000034	



LAYOUT PENULANGAN PERKERASAN KAKU

SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKERASAN KAKU  
STUDI KASUS : TOL PANDAAN - MALANG

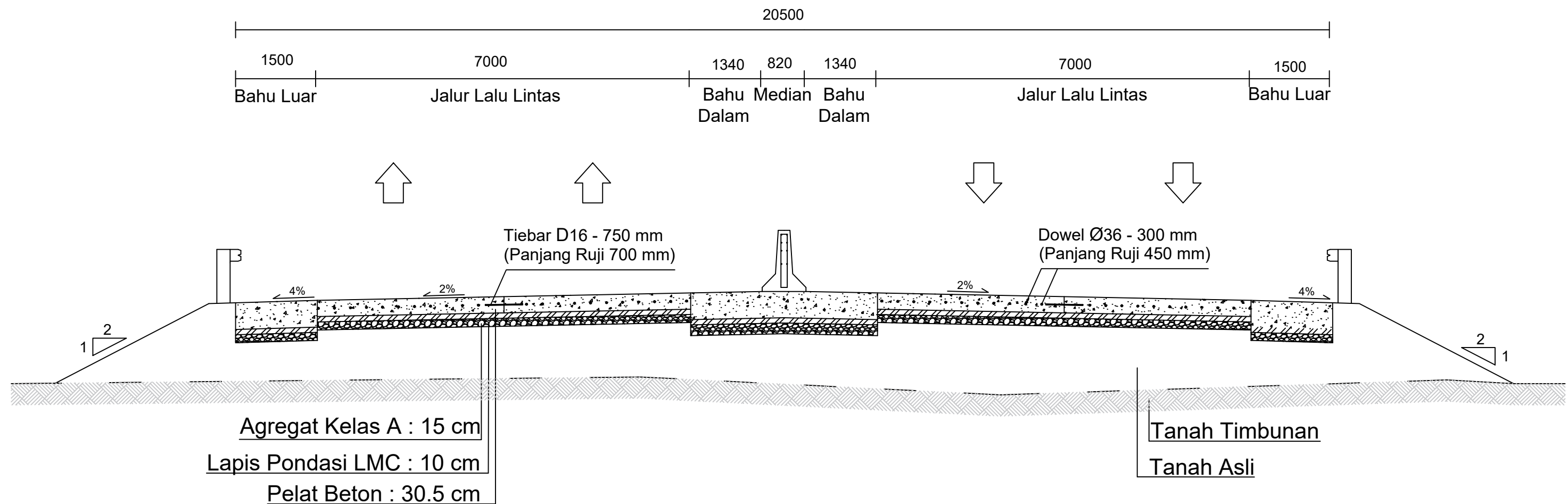
DOSEN PEMBIMBING

CAHYA BUANA, S.T., M.T.

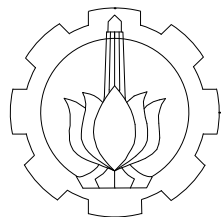
NAMA & NRP MAHASISWA

AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN  
NRP. 03111740000030  
RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS  
NRP. 03111740000034

NO LEMBAR /  
JUMLAH LEMBAR



POTONGAN MELINTANG PERKERASAN KAKU  
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKERASAN KAKU  
STUDI KASUS : TOL PANDAAN - MALANG

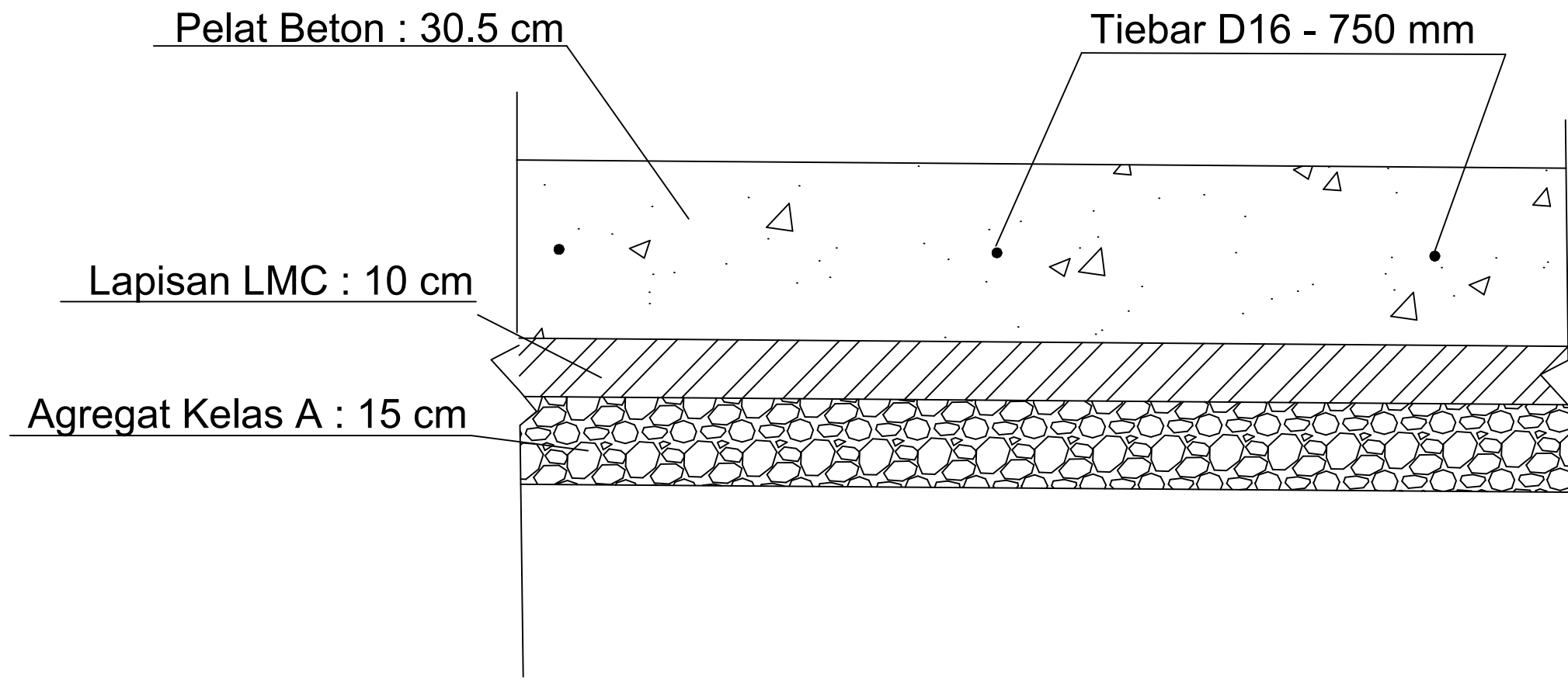
DOSEN PEMBIMBING

CAHYA BUANA, S.T., M.T.

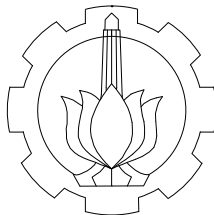
NAMA & NRP MAHASISWA

AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN  
NRP. 03111740000030  
RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS  
NRP. 03111740000034

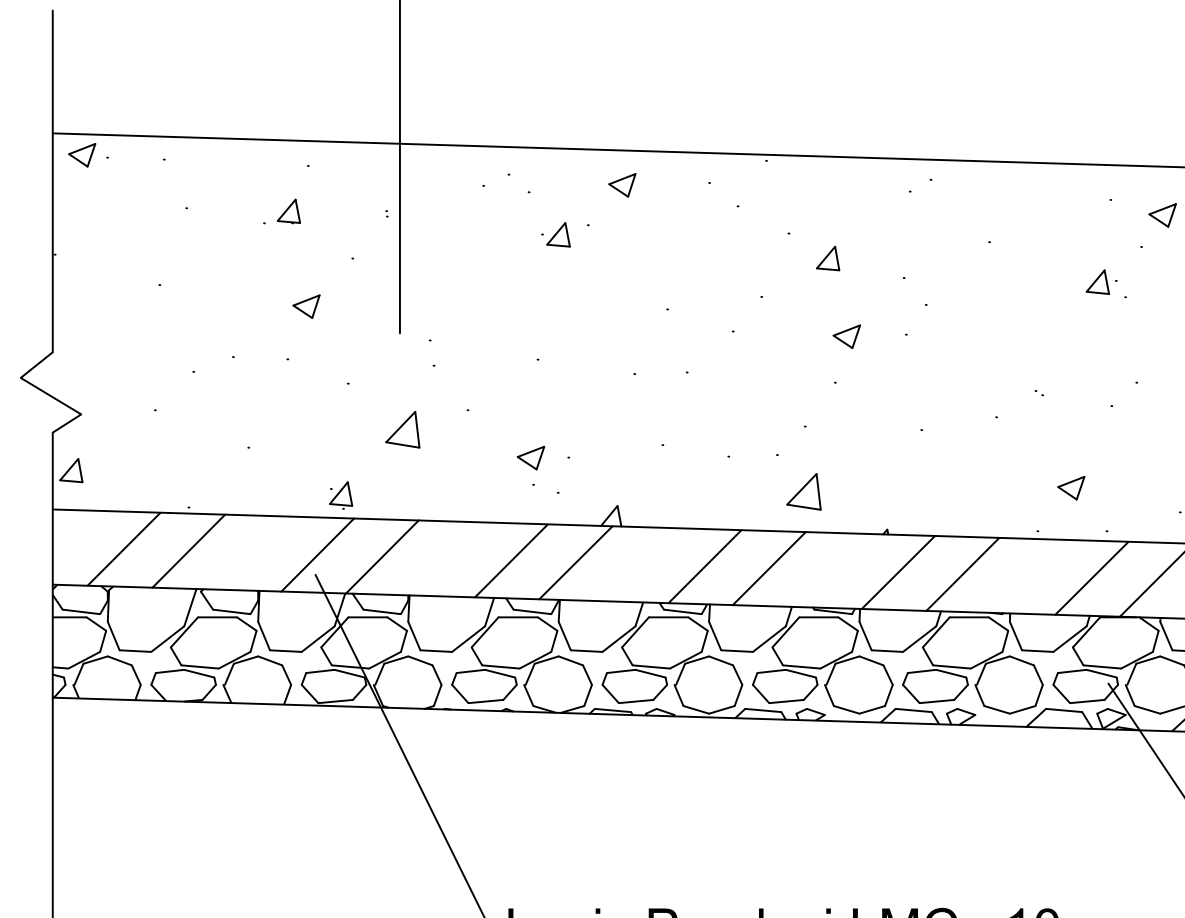
NO LEMBAR /  
JUMLAH LEMBAR




**DETAIL TEBAL PERKERASAN KAKU**  
 SKALA 1 : 10

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	NAMA GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NO LEMBAR / JUMLAH LEMBAR
		PERENCANAAN PERKERASAN KAKU STUDI KASUS : TOL PANDAAN - MALANG	CAHYA BUANA, S.T., M.T.	AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN NRP. 0311174000030  RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS NRP. 0311174000034	

Pelat Beton : 50 cm



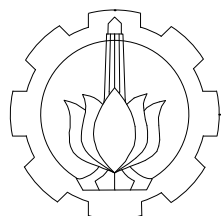
Lapis Pondasi LMC : 10 cm

Agregat Kelas A : 15 cm



DETAIL TEPI PERKERASAN KAKU

SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN PERKERASAN KAKU  
STUDI KASUS : TOL PANDAAN - MALANG

DOSEN PEMBIMBING

CAHYA BUANA, S.T., M.T.

NAMA & NRP MAHASISWA

AKHMAD ZADHI NASHRUDDIN  
NRP. 0311174000030  
RENDY CAHYA PUTRA PAMUNGKAS  
NRP. 0311174000034

NO LEMBAR /  
JUMLAH LEMBAR